

Mathematical Culture

数学文化

- 罗庚与省身
  — 纪念两位数学大师诞辰一百周年
- 冯康 — 一位杰出数学家的故事
- 坐地日行八万里
  — 近代数学在航天飞行中的应用
- 数学史上的一桩错案
- 后面就是秘密 — 密码漫谈
- 发达国家数学英才教育的启示
- 北航怎样选拔尖子生?
- 美国大学生数学国际合作研究

创刊号 | 2010年4月

ISSN: 2070-545X

弘扬数学文化
探索发研真谛

數學文化雜誌創刊志慶

己丑 王元

中国科学院院士，著名数学家王元题词

发刊词

数学与我们的世界

1、数学

数学是研究数量、结构、空间、变化的学问。数学的研究方法是从少许自明的公理出发，用逻辑演绎的方法，推导出新的结论。这些新的结论被称为定理。关于这句话，有三件事情需要特别说明。

首先，上述少许自明的公理，被称为公理体系，是数学论证的出发点。这个体系显然应该具备一个基本性质，即其中的公理不能相互矛盾；也就是说一个公理体系应该是相容的。至于某条公理是否自明，实际上是一个相当深刻、又相当主观的问题。对欧几里得来说自明的公理，对高斯、黎曼、罗巴切夫斯基等就没有那么自明；事实上，后三者认为，与欧几里得的某条公理相矛盾的结论是自明的，从而可以作为公理。如此，后三者的公理体系就与欧几里得不同。特别值得强调的是，这种不同导致了健康的结果，不同的学派在不同的公理体系之上建立了不同的几何学。这些不同的几何学相互之间有矛盾，但是每个个体之内都没有矛盾。之所以说这是健康的结果，是因为欧几里得原教旨主义者从来没有试图把后三者送上火刑柱，而后三者的传人也从未去刨欧几里得的祖坟。从这点上说，数学文化是一种温和、健康的文化。一个受这种文化熏陶的人，在身处人类社会之时，会易于理解不同立场人的不同视角与结论。

第二点需要说明的是，数学所承认的推理方法只有逻辑演绎，即三段论；其他论证方法都是不允许的。也就是说，数学定理必须是其前提的逻辑结果。思辨、臆测、《易经》、跳大神等论证方法在数学中没有地位。几十年来，不断有人声称用辩证法证明了费尔马大定理，更有人声称用气功证明了哥德巴赫猜想；他们所用的方法不是三段论，因此，这种所谓的证明在数学中无效。当然，这种无效丝毫也没有消减这些作者本人对其作品的信念。

第三点需要说明的是，逻辑演绎所得到的结论必须是新的，即前人所不知道的。用不同的方法证明一个已知的结论，其哲学意义通常大于数学意义。数学的首创是指在全人类中首创，新定理是指在人类历史中是新的。数学中不存在省内首创、填补国内空白一说；数学与工程的评价标准有很大不同。

2、数学文化

上节的论述，将数学与其他学问区别开来。因此，数学是一种独特的文化存在。所谓文化，就是人类在社会历史发展过程中所创造的物质财富与精神财富的总和。狭义的数学文化，包含数学的思想、精神、方法、观点、语言，以及它们的形成和发展；广义的数学文化，更包含数学家、数学史、数学发展中的人文成分、数学与各种文化的关系，等等。数学文化是人类文明的重要组成部分。

然而近年来，数学越来越被工具化了。对于当今世界的很多人而言，数学的重要性已经沦落为有用性，

而有用性实际上就是“对我有用”。从这种观点看来，数学就是一门手艺，而数学家仿佛就是“老圃”。比如，在我们身边不少人真诚地认为，数学重要是因为不学数学就不知道怎么算账，或者不用数学就生产不出合格的冰箱，而没有合格的冰箱就不能保证天天有肉吃。

数学固然有用，而且非常有用；其作用不仅仅在于算账与冰箱，更在于她是所有科学的基础与语言。在这个意义上说，数学是所有科学的女佣。然而，这只是问题的一个方面。我们更必须看到另一个方面，即高斯所指出的：“数学是所有科学的女王。”数学在人类文明中占有独特的地位，数学的思想性、科学性、艺术性都是独有的，是独立于应用而存在的。一套数学理论，即使完全没有用，其思想性、科学性、艺术性丝毫不会改变或褪色。

子曰：“君子不器。”数学恰是一门不器之学，堪比孔子意义下的君子。这个君子固然对社会有用；但是他更坚信，即使他无用，即使他“不如老圃”，他在人类文明史上的地位仍然是无可替代、光辉灿烂的。我们不反对樊迟把数学仅仅作为工具，我们只是想强调，数学也有权申明自己超乎工具之外的哲学意义以及文化意义。

3、《数学文化》杂志

本刊的目的是将数学展示给我们的世界，在文化层面上阐释数学的思想、方法、意义。杂志的对象是对数学有兴趣的读者。当代的数学知识高速膨胀，像欧拉那样的数学通才越来越少。因此，在文化的层面上阐释数学，对于数学工作者及数学爱好与应用者之间的理解沟通也是必要的。

初步设想，《数学文化》为双月刊或季刊。杂志将涵盖数学人物，数学历史，数学教育，数学趣谈以及数学烟云等等。后一栏目将涉及数学在各方面的应用和重大数学方向的进展。我们也希望通过本期刊提高大家对数学整体的认识，并展开对数学教育的探讨。

再次重申本刊面向海内外所有的数学爱好者。我们欢迎海内外同好不吝指教、慷慨赐稿。

主编
刘建亚（山东大学）
汤 涛（香港浸会大学）
2010年3月



从右至左：邓明立，罗懋康，贾朝华，汤涛，刘建亚，张智民，
蔡天新. 左一是山东大学数学院鲁统超教授.

主　办　香港 Global Science Press
沙田新城市中央广场第一座1521室

主　编　刘建亚 (山东大学)
汤　涛 (香港浸会大学)

《数学文化》旨在发表高质量的传播数学文化的文章；
主要面向广大的数学爱好者.

本期刊欢迎投稿，来稿请寄：
Math.Cult@gmail.com；或 mc@global-sci.org

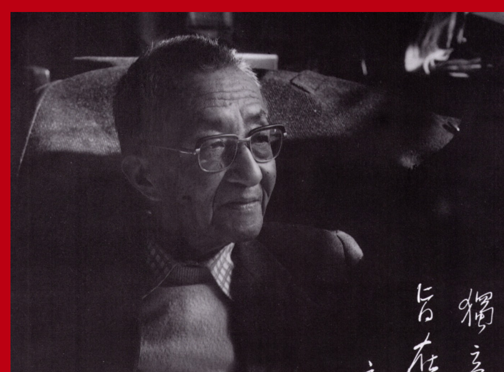
本期刊欢迎订阅.
订阅联络代理：北京中科进出口有限责任公司
电话：010-84039343 转633；传真：010-84038208
电邮：periodical@bjzhongke.com.cn (中国)
info@global-sci.org (海外)
开户帐号：中国银行金宝街支行
银行帐户：810907911408091001

本期刊欢迎教育界，出版界，科技界的广告.
本期刊网站：http://www.global-sci.org/mc/

Contents | 目录









罗庚与省身

纪念两位数学大师诞生100周年

蔡天新





太湖的西北和东南

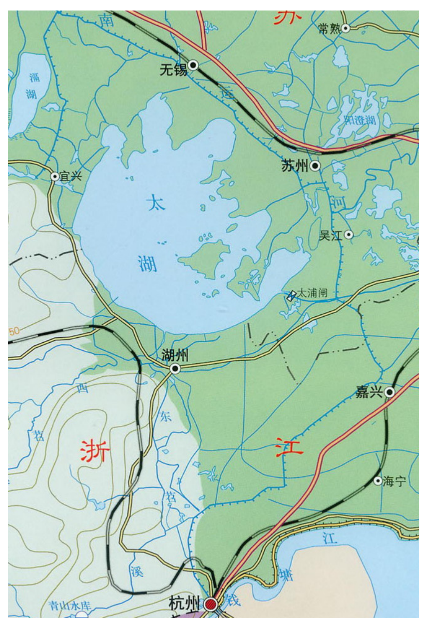
在19世纪后期和20世纪初期，中国东部的太湖流域人才辈出，诞生了许多位大师级的人物，犹如两宋时期的鄱阳湖流域。可以毫不夸张地说，近现代中国半数以上的文坛巨子和科学巨匠出自这个地区。今天，我们习惯把这片土地称为长江三角洲，那更多的是从经济学的角度考量，以对应改革开放最初的前沿阵地——珠江三角洲。但从历史和文化渊源来看，这个地区与太湖的关系比之与长江的关系无疑更为密切，太湖的北岸和南岸分别是江苏的苏锡常和浙江的杭嘉湖这六座城市，可谓是中国百姓口中传诵的“鱼米之乡”，也是文人墨客诗词里所赞美的秀丽“江南”。

1910年11月12日，数学奇才华罗庚出生在常州市金坛县（市）的一个小商人家庭。他的父亲出身学徒，经过多年艰苦努力，拥有了三家规模不等的商店，一度担任县商业丝会的董事。不料后来一场大火把大店烧个精光，接着中店也倒闭了。等到罗庚出世时，华家只剩下一爿经营棉花的小店，且以委托代销为主。9天以后，也即11月21日，在离开金坛县几十里远的无锡市，一个瘦弱的男婴在一户诗书人家呱呱坠地，那便是日后以小说《围城》名闻遐迩的大才子钱锺书。这两个苏南人一文一理，在20世纪的中国历史上各自书写了光辉夺目的篇章，他们的人生轨迹也不时相交。

1931年，华罗庚因为发表了一篇题为《苏家驹之代数的五次方程式解法不能成立之理由》的文章，被慧眼的数学家熊庆来识中，破格邀请到清华大学算学系担任助理员。那项职务介乎于工友和文书之间，罗庚可以利用业余时间听课、自修并做研究。其时，钱锺书正在清华就读外语系，那时中国大学的规模都比较小，想必他已听说这位患有严重腿疾、自学成材的同乡大名。1936年，华罗庚被官费公派至剑桥大学访问时，钱锺书已经在牛津大学留学。他们在英国各自停留了两年，其中有一年是重叠的，但这两位清华校友兼江苏同乡却似乎未曾有过交往。

值得一提的是，有着严重腿疾的罗庚那会儿是独身前往英伦，而身体健康的锺书却携带着新婚夫人杨绛。后来，钱锺书因为到巴黎游学了一年，他和华罗庚同在1938年回国，两人均受聘于昆明的西南联合大学。一向喜欢交游、性格开朗的罗庚本应该在那时（如果以前没有的话）听说或遇见过钱锺书，但笔者发现，在其弟子、数学家王元所著《华罗庚》（开明出版社，1994）书后所列人名索引里，虽有七位钱姓大学者，包括著名的物理学家“三钱”（均来自太湖流域），却没有出现钱锺书的名字。

江南可谓人杰地灵，尽管华罗庚与钱锺书没有相遇（至少没有相知），但在



太湖另一头的浙北，一个叫秀水（嘉兴）的县城里，在华钱两人出世后不到一年，又诞生了一位非凡的天才，日后注定要成为罗庚的室友、同行和竞争对手。此人姓陈，名省身。与罗庚的家庭背景不同，省身的父亲是个读书人，中过秀才，这从他给儿子起的名字里也可以看出。他的母亲倒也出身于商人之家，但一生朴实无华。有了儿子以后，做父亲的只身去了杭州，考入浙江法政学校。在辛亥革命之初，这样的选择是要有眼光和卓见的。

父亲毕业后，进入司法界工作，很少回家。省身跟着疼爱他的祖母和小姑识字读文。有一次父亲回嘉兴过年，教会他阿拉伯数字和四则运算，并留下了一套三本头的《笔算数学》。此书由传教士和中国人合编，没想到小小年纪的省身竟然能做出书中的大部分习题，并由此对数学产生了兴趣。8岁那年，即1919年，他终于被家人送入当地的一所县立小学，插读4年级。可是上学第一天，小省身就目睹了老师用戒尺挨个责打同学，幼小的心灵受到刺激，从此不肯再去学校，他的小学只读了一天。

一年以后，省身进了秀州中学高小部。这是一所教会学校，他的大姑父在学校里担任国文老师，因此他在学习、生活方面都得到很好的照顾。毫无疑问，教会学校的学习对省身后来长年的异国生活应是有益的。据张奠宙、王善平合著的《陈省身传》（南开大学出版社，2004，本文有许多素材取自该书和王元的《华罗庚》）记载，除了能做相当复杂的数学题以外，省身也非常喜欢国文，课余还能读些《封神榜》等闲书，文学气质在这类消遣性的阅读中获得熏陶，他甚至在校刊上发表了两首诗作。1921年夏天，当参加中共“一大”的张国焘、毛泽东等13人从上海秘密转移到嘉兴南湖的一条游船上时，省身正好也在故乡。第二年，他的父亲转到天津法院任职，全家从此离开了嘉兴。



陈省身全家福

就在陈家北上的那一年，罗庚在金坛进入了刚成立的县立初级中学。说实话，他在小学时因为淘气成绩有点糟糕，只拿到一张修业证书，但做父亲的却重男轻女，让成绩好的姐姐辍了学。那时候金坛中学总共只有8个学生，却有专任的数学和国文老师，从第二年开始，数学老师便对罗庚另眼相看了，经常把他拉到一边，悄悄地跟他说，“今天的题目太容易，你上街去玩吧。”3年级时，罗庚已着力简化书中的习题解法，他在国文方面同样有自己的想法，曾发现并指出胡适《尝试集》中一首诗的逻辑错误，结果却遭到老师的痛斥。

可是，等到罗庚初中毕业，做父亲的却又犯了难。一方面，他希望儿子“学而优则仕”，另一方面又有所顾虑，如果送他去省城读高中，经济负担是否会太重。此时有一位亲戚提供了一个信息，教育家黄炎培等人在上海创办的中华职业学校学费全免，只需付食宿和杂费，且初中毕业即可以报考。结果罗庚被录

取了，进入该校商科就读，相当于今天的中专吧。那一年是1926年，小他一岁的省身在天津刚好从詹天佑任董事的扶轮中学（今天津铁路一中）毕业，他跳过大学预科，直接进入了南开大学。而罗庚即将面临的则是辍学回家、结婚生育，以及一场几乎使他丧命的疾病。

选择数学作为职业

虽然中华职业学校的数学老师水平不高，但罗庚已经学会了自己寻找和总结方法，并在上海市珠算比赛中获得第一名。那并非他打算盘的本领有多高，而是事先动了脑子，悄悄地把乘法运算作了简化，结果击败了众多参赛的银行职员和钱庄伙计。而从业余兼职的英语老师邹韬奋（后来成为著名的新闻记者和社会活动家）那里，他学到了一种罚站的教学方法，日后竟然被应用到中国科



少年华罗庚

学院数学研究所的研究生培养中去。可是，罗庚才读了一年书，家里便再也无法负担他在上海的生活费用。于是，他没有毕业就回到了家乡，帮助父亲在棉花店里站柜台，同时，业余依然保持着对数学的浓郁兴趣。

那一年，16岁的罗庚与同城的一位吴姓姑娘成了亲，而省身完成自己的人生大事时已经28岁，早已经获得洋博士并荣任西南联大教授了。年轻时的罗庚相貌周正、身材魁梧（华老女儿华苏亲口告诉笔者是一米八），且性格活跃、喜欢玩耍，他酷爱地方上流动的戏班子，有时甚至跟着到别处看演出。他的夫人秀丽端庄，出身军人世家，岳父毕业于保定军官学校，却在她五岁时不幸去世。因此，华夫人只有小学毕业，出嫁时家境甚至不如华家。据说在金坛市立“华罗庚纪念馆”里，还保留着他们结婚时的全部家当。如同罗庚后来调侃时所说的，他们比较“门当户对”。

婚后第二年，妻子生下一个女儿，可是，罗庚依然喜欢看数学书和演算习题。此时，他已经自学了高等数学的基础内容，有时看书入了迷，竟然忘了接待顾客，老父知道后不由得怒火中烧，骂儿子是呆子，甚至把他的演算草稿撕碎，往街上或火炉里扔。直到有一天，老父在茶馆喝茶时掉下一颗牙，而“牙齿”和“儿子”在当地土语里谐音。迷信的他忽然害怕起来，担心独生子的罗庚保不住，才不再干涉他对数学的迷恋，心想有个傻儿子总比没有强。后来有一次，罗庚纠正了帐房先生的一处严重错误，做父亲的终于有了欣慰感。

又过了一年，以前赏识罗庚的初中老师王维克从巴黎大学留学归来，担任金坛中学校长，他看到罗庚家庭困难同时又好学，便聘请罗庚担任学校会计兼庶务。这位王校长虽然学理，曾在巴黎大学听过居里夫人的课，却也是个有成就的翻译家，是意大利诗人但丁的《神曲》和印度史诗《沙恭达罗》的第一个中文译者。那时的中学老师不仅学识高，且对学生有一颗真诚的爱心。此前的校长韩大受也出版过《训诂学概论》等多部著作，在做人学习等方面循循教导罗庚，同时免去他的学费。罗庚向来被认为是自学成材的典范，其实他从初中阶段的学习中受益匪浅，不仅在知识方面，这一点非常重要，也是如今的教育制度所缺失的。

正当王校长准备提拔罗庚，让他担任初一补习班的数学教员时，不幸却接踵而至，华家真出大事了，父亲的预兆几乎应验。先是母亲得了子宫癌去世，接着



少年陈省身

罗庚患上伤寒症，卧病在床半年，医生都认为高烧不退、昏迷不醒的他没必要治了。最后死马当活马医，罗庚在喝了一帖中药以后竟然奇迹般地得救。当时虽有妻子精心护理，可是由于缺乏医学知识，没有能经常替他翻身，罗庚的左腿落下了残疾，从此走路需要左腿先画

个圆圈后，右腿才能跟上一小步，有人因此戏称他的步履为“圆规与直尺”。

那时候罗庚尚不满20岁，幸运的是，他已经成家了。而19岁的省身那年刚从南开大学毕业，获得理学学士学位，进入到清华大学算学系，成为中国历史上第一个硕士研究生。在入读南开之前，15岁的省身便因为同乡老师、数学史家钱宝琮的缘故，与数学更为亲近了。说到钱宝琮，他和省身父亲是嘉兴时的同学，后来留学英国，获得土木工程学位后回国，却钟情于数学，并潜心于中国古代数学史的研究。离开南开后，钱宝琮长期执教浙江大学，并在陈建功回国以前担任数学系主任。那时因为铁路线经常中断，到外地上学不便，省身便与南开有缘了，但他并非一开始就选择数学，毕竟他的父亲在司法界工作。

那时的南开理学院一年级不分系，有一次上化学课，老师要求吹玻璃管。省身面对手中的玻璃片和加热的火焰一筹莫展，后来在别人的帮忙下，总算勉强吹成了，但他觉得玻璃管太热，就用冷水去冲，结果玻璃管当即粉碎。这件事对省身触动很大，他发现自己动手能力差，于是决心放弃物理和化学，这成了他终身献身数学的起点。事实上，心理学上有这样的解释：“有些理论型人才，脑子思考快，手却跟不上，所以往往出错。”物理学家杨振宁也是因为在实验中屡遭失败而转攻理论物理，在他早年求学的芝加哥大学就流传着这么一句笑话：“哪里有爆炸，哪里就有杨振宁。”



姜立夫，陈省身在南开大学的恩师。
其子是北京大学的姜伯驹院士

提到南开大学，它的前身是1904年创办的南开学校。1919年的五四运动以后，中国社会开始崇尚科学和民主，青年人热衷于新文化，接受高等教育遂成为一种时尚。南开大学应运诞生，其主要创办人张伯苓十分重视学术水准，延聘了多位著名学者担任教授。南开从一开始就成立了数学系，这可能与蔡元培在北大推崇数学不无关系，而第一个受聘南开的数学教授则是那年刚获得哈佛大学博士学位的温州平阳人姜立夫（从浙南的这个小县城里走出的数学名家还有苏步青，他比姜立夫刚好小了一轮）。很快，省身便得到了姜立夫的赏识，受其影响，他对几何学萌生了兴趣。

再来看罗庚，他因为腿的残疾更坚定了攻读数学的决心。否则，聪明的罗庚对自己的人生之路也许另作抉择。那年12月，上海的《科学》杂志以读者来信的方式发表了罗庚的第二篇论文《苏家驹之代数的五次方程式解法不能成立之理由》，从此改变了他的命运。说起《科学》杂志，它创刊于1915年，今天依然存在，虽然每期都有一两位院士为它撰稿，却主要刊登综述和科普性质的文章。但在上个世纪二、三十年代，它经常发表研究性质的科学论文，编辑部主任由中央研究院化学所首任所长兼任，尽管这些论文大多没有跟上世界潮流。



熊庆来，发现华罗庚的伯乐。
时任清华大学数学系系主任

除了《科学》，当时的上海还有一本综合性中文杂志《学艺》，1926年，它刊登了一篇苏家驹撰写的《代数的五次方程式之解法》。这与一个世纪前挪威数学天才阿贝尔建立的理论恰好相悖，包括清华大学算学系主任熊庆来在内的行家一看就知道是不可能成立的，但却没人去挑毛病（也可能是无暇）。年轻无名的罗庚就不一样了，他很认真地拜读并琢磨“苏文”，随后将苏的方法推广到六次方程的求解。欣喜之余认真查对，罗庚终于发现有一个12阶的行列式的计算有误，遂撰文陈述理由并否定了“苏文”的结果。

清华订有《科学》，读到罗庚的文章，熊庆来和同事杨武之等人暗自高兴，尤其是看了文章的序言更加赏识，作者诚实地说明了自己对“苏文”从相信到摹仿再到否定的过程。可是，这个华罗庚究竟是何人呢？（今天这个问题转变成，这个苏家驹究竟是何人呢？）巧合的是，当时的清华教员（总共七、八个）里恰好有个金坛人，叫唐培经，在韩大受之后、王维克之前担任过金坛初

中校长，不过那时罗庚正辍学在家。唐培经曾收到过罗庚的来信并有回复，遂向主任作了汇报，告之罗庚通过自学，数学钻研已经很深。熊庆来得知后经与系里同事商议，并在理学院院长叶企荪同意后，即邀请罗庚来清华算学系担任助理员。

这里我想插一句，在徐迟那篇著名的报告文学《哥德巴赫猜想》里，有这么一段话：

“当初，我国老一辈的大数学家、大教育家熊庆来，我国现代数学的引进者，在北京的清华大学执教。三十年代之初，有一个在初中毕业以后就失了学，失了学就完全自学的青年人，寄出了一篇代数方程解法的文章，给了熊庆来。熊庆来一看，就看出了这篇文章中的英姿勃发和奇光异采。他立刻把它的作者，姓华名罗庚的，请进了清华园……”

应该说，里面的内容与事实并不完全相符。首先是称谓需要商榷，其次，并不是罗庚率先把文章寄给熊庆来，而是后者和杨武之等同事看到后发现了罗庚。无论如何，华罗庚终于迈出了成为一名数学家的关键一步。在清华，他将结识先期抵达的陈省身，共同翻开中国数学史的崭新一页。

从清华园到欧罗巴

旧中国的科学底子薄弱，尤其在1930年以前，当时只要是在外国取得博士学位回来的人，统统被聘为教授，这些人回国后待遇优厚、衣食无忧，尤其是因为教学繁忙、资料匮乏，缺少良好的学术环境和氛围，基本上放弃了学术研究。以姜立夫为例，在南开数学系最初的四年里，只有他一个教师，因此什么课都得他亲自讲授。1949年以后，他又在广州创建了岭南大学数学系（1952年并入中山大学）。而清华大学算学系主任熊庆来当时只有法国的硕士学位（罗庚到清华那年他再次留学巴黎，两年后获博士学位返回清华），却是东南大学（后改名中央大学，现名南京大学）、清华大学两所大学数学系的创建人和首任主任。

华罗庚终于迈出了成为一名数学家的关键一步。在清华，他将结识先期抵达的陈省身，共同翻开中国数学史的崭新一页。

可是，清华大学毕竟是“皇家学院”，美国退回的“庚子赔款”除了资助姜立夫这样的青年才俊留学以外，还用以创办和扶持清华学校（1928年升格为清华大学）。平心而论，上个世纪初，英美等“八国联军”借口保护本国教士和侨民，残酷镇压义和团运动，可谓是中国人的奇耻大辱，但也给当时的中国带来一些其他方面的影响，“庚子赔款”的退还及其使用法则就是其中之一。不然的话，清政府恐怕不愿一下子拿出那么多银子来办教育或通过选拔资助有为青年出国留学，这些青年中有许多后来成为国家的栋梁之才，并为我们所熟知。

还是在清华学校时期，这所学校请来了康乃尔大学数学硕士郑桐荪（后来成为陈省身的岳父），由他担任大学部算学系主任。1928年，正是在郑桐荪的举荐下，熊庆来出任更名为清华大学的算学系主任（几年以后浙江大学的陈建功也举荐苏步青接替自己的系主任职位），不久又有芝加哥大学博士孙光远和杨武之（杨振宁的父亲）加盟。可是这四位教授中，也只有孙光远仍在继续做研究，他的主攻方向是微分几何，毕业论文发表在美国著名的《数学年刊》杂志上，回国后也多次在日本的《东北数学杂志》上发表论文，令陈省身十分仰慕。而清华之所以吸引省身，还因为它的研究院可以派遣成绩优异者公费留学。

孙光远是浙江余杭（杭州）人，与省身算是半个同乡。省身从南开大学毕业那年，清华大学刚好成立了中国第一个研究院，他遂成为孙光远的研究生。不过，这位学问出色的孙教授个性也比较特别，没过多久，他便因为与学校领导闹矛盾，竟然撒手不管自己的研究生，奉行“凡清华的事我一概不管”。两年以后，孙光远应母校南京中央大学之聘永远离开了清华。不过，孙教授后来在中央大学（南京大学）也曾长期担任数学系主任和理学院院长。1978年，省身回国时到访南大，专程看望了孙先生，一年后孙先生就去世了，此乃后话。1933年，陈省身成为中国历史上第一个硕士，答辩委员会的三位成员是叶企荪、熊庆来和杨武之。

回到1930年，由于清华算学系只录取了陈省身和他的同班同学吴大任两个人，而后者因为父亲失业不得不到广州中山大学先做了一名助教。系里因此决定缓招研究生，这样省身就在清华做了一年的助教。次年8月，正当省身开始读研究生之际，罗庚来到了清华大学。作为一名助理员，罗庚的办公室就在系主任熊庆来的办公室外面，无论谁来找主任，都会见到他。如前文所言，罗庚性格外向，说话风趣，很快他便与大家熟悉了，包括省身。罗庚甚至自嘲自己是



华罗庚在伏案工作

“半时助理”，因为按照清华的规定，高中毕业的人才能当助理，而他只是初中毕业。

事实上，当时罗庚的薪水只有助教的一半，约为40元，略高于工友，与做研究生的省身所获的生活津贴（30元）相差不多。罗庚因为家里贫困，只身在清华园，他的家属仍留在老家金坛。那年夫人又生了一个孩子，这回是个儿子，清华五年，他只有在寒暑假才回到老家。王元在《华罗庚》里，记载了恩师晚年一次甜蜜的回忆，“每当我寒暑假回家乡探亲时，熊庆来先生总是依依不舍，他生怕我嫌钱少不肯再回来了。他哪里知道，清华给我的钱比金坛中学给我的钱优厚多了，清华对我来说是求之不得的。”

虽然罗庚来清华那年，借着成名作的光在《科学》上一气发表了四篇论文，但那些工作都是原来在家乡完成的，属于低水平的初等数学。到清华以后，他如饥似渴地钻研高等数学，接下来的两年里没有发表论文，而是埋头自学和听课。据前任四川大学校长、数学家柯召回忆，“（当时）陈省身与吴大任是研究生，我与许宝騄是转学的高年级学生，华罗庚是助理员。我们五个人在一个班里，教员就是熊庆来、杨武之与孙光远先生。由他们三个人给我们五个人上课。”省身也曾写到，“这个时期是罗庚自学最主要和最成功的一段。在那几年里，他把大学的功课学完了，并开始做文章。”

在罗庚听的课中，有杨武之先生开设的群论课，同时罗庚还随他研习数论。杨武之在芝加哥大学的博士论文题目是《华林问题的各种推广》，其中最好的结果是证明了“每个正整数都可以表示成9个棱锥数之和”，此结果在世界上领先了20多年。虽然杨武之回国后学问做得少了，但却培养了罗庚在数论方面的兴趣，晚年的罗庚怀着感激之心回忆道，“引我走上数论道路的是杨武之教授”，“从英国回国，未经讲师、副教授，直接提升我为正教授的又是杨武之教授”。

从1934年开始，罗庚的数学潜能得到了充分的发挥，他每年都发表6-8篇论文，其中大多是在国外刊物，包括德国的权威杂志《数学年刊》，一时声誉雀起。这些论文大多是数论方面，也有的是代数和分析，显示了他多方面的兴趣和才华，这大大超出了包括熊庆来在内同事们的期望。来清华之前，罗庚的英语尚未过关，凭着他自己独创的“猜想法”，很快做到不仅可以用英文撰写数学论文，还能借助字典阅读德文和法文文献。他的方法是这样的，遇到不认识的单词时，先根据上下文猜测其意义，再查字典验证。这样一来，就会记忆深刻。

正当罗庚在清华开始大显身手的时候，自小目标远大的省身也已通过硕士学位答辩，准备出国留学了。1934年7月，清华大学的教授评议会通过派遣他去德国留学的议案，所用的款项仍然来自那笔“庚子赔款”。参加会议的教授中既有他未来的岳父郑桐荪和“媒人”杨武之，也有校长梅贻琦、文学家朱自清等。月底，省身在上海坐船去欧洲，途经香港、印度、苏伊士运河到意大利北部的的里雅斯特，再从那里坐火车到汉堡，开始随先前在北京认识的汉堡大学布拉施克教授研究几何。

说到这位德国导师，省身与他的结识要

归功于同城的北京大学。就在财源充足的清华修筑大楼、广招贤能的时候，历史悠久的北大却人心涣散、纪律松驰，经常拖欠教授薪水。待到文学院院长、国学大师胡适（此时校长是蒋梦麟）出任掌管“庚子赔款”退款的中华教育文化基金会董事之后，力促其通过了资助北大的“特款办法”，情况才有了改变。北大研究院也在清华研究院成立两年之后挂牌，同时开始邀请外国专家来校讲学。布拉施克便是最早来到北大的数学家之一，他的系列讲座题目是“微分几何的拓扑问题”。在南开读书时，省身就随姜立夫先生学习过布拉施克的几何著作，因此很容易跟上，每次听课都没有拉下，得以结缘这位数学大家。

易北河与剑河之水

汉堡是德国的一座名城，也是德国最重要的水上交通枢纽，从大西洋来的万吨级巨轮可以沿着易北河直达此城。城内河道纵横，有一千五百多座大大小小的桥梁，同时也是欧洲仅次于阿姆斯特丹的情色之都。可是，汉堡大学却非常年轻，年轻得几乎难以置信，她与南开大学同一年（1919）创办。而在科学文化事业发达的德国有的是历史悠久的学府，比如洪堡大学（1810）、哥廷根大学（1737）、图宾根大学（1477）、海德堡大学（1386），尤其是哥廷根，因为希尔伯特的出现成为世界的数学中心。可是，省身首先考虑的是导师，那时假如他愿意，他还可以选择英法或美国的名校，就像其他留学生做的那样。

省身在汉堡并没有埋头写论文，而是把重点放在学习和掌握最前沿、最先进的几何学进展和方法上，同时与一些大家建立起比较广泛的联系。

晚年的陈老谈到自己成功的秘诀时，认为一半是天份，一半是运气。可以说，省身最初的运气便是结识汉堡大学这位喜欢云游的布拉施克先生。他抵达汉堡是在1934年秋天，此时希特勒已经上台，所谓的“公务员法”也已颁发，规定犹太人不能当大学教授，哥廷根这类名校首当其冲受到冲击。而汉堡这所新大学因为没有犹太教授相安无事，可以继续做学问。等到1937年，“新公务员法”颁布，连犹太人的配偶也不能当教授，汉堡大学三位数学教授中才有一人被迫移居美国。那时，省身早已获得博士学位，被导师推荐到塞纳河畔的巴黎跟大数学家嘉当深造去了。

陈老之所以没有像其他数学家（包括华老在内）那样，把勤奋视作取得成功的一个主要手段，是有他的原因的。他的小学只读了一天，中学又少读了两年，便以第二名的成绩按同等学历考取南开大学，拿到硕士学位的当年即出国留学，可谓是个天才和幸运儿。由于中华文化教育基金会给的奖学金比较高（即便四分之三个世纪后的今天仍无法相比），省身始终自信满满，他经常下高级餐馆，邀请同乡吃饭，即使如此仍有许多积余，自费到巴黎继续深造（基金会自然又给予追加资助）。惟一辛苦的可能是过语言这一关，那时的欧洲大学不像现在通用英语，好在他在南开便上过德语和法语课，有一定基础，到汉堡以后去补习班恶补一下也就成了。


陈省身攻读博士的德国汉堡大学

省身在汉堡并没有埋头写论文，而是把重点放在学习和掌握最前沿、最先进的几何学进展和方法上，同时与一些大家建立起比较广泛的联系。除了布拉施克和嘉当以外，省身还与法国布尔巴基学派的代表人物韦伊、美国普林斯顿的维布伦等有了交流。这就像长距离的跑步或划船比赛，必须紧紧

跟上第一梯队，才能伺机突破并超越。必须提及的是，省身为人真诚，很善于交朋友，这里以他与嘉当的友谊为例。虽然省身的法语水平不高，与不会任何外语的嘉当无法进行思想上的交流，但在二战最困难的时期，他却从美国源源不断地给嘉当寄去食品包裹。

相比之下，自小苦出身、又缺乏家长和名师指点的罗庚更多地依靠个人奋斗和自学，因此也特别刻苦。即使辍学在家替父亲小店做伙计，他也起早贪黑地看书，甚至比开豆腐店的邻居起床还早。因此，当罗庚后来被清华破格聘为职位低下的助理员时，特别珍惜也更加努力地钻研学问，他在短时期里便在国内外发表了数量可观的研究论文，这与“名门出身”的省身风格自然不同。不过，在布拉施克访问北大三年之后，清华也邀请到了两位级别更高的大数学家，那便是法国数学家阿达玛和美国数学家维纳，他们在北京停留的时间也更久。

阿达玛在数学的许多领域都有开创性的工作，其中在解析数论方面尤为出色，他率先证明了素数定理，那是“数学王子”高斯梦寐以求的结果。那项工作是在19世纪末完成的，即使半个世纪以后，因为这个定理的一个初等证明，又颁发了一枚菲尔兹奖和一枚沃尔夫奖。遗憾的是，阿达玛来中国时年事已高，不在前沿做学问了。而维纳那时刚过40，可谓年富力强。作为控制论的发明人，维纳为数学史书写了光辉的一页。虽然研究方向不同，但维纳的函数论功底很好，便推荐罗庚去了他年轻时求学过的剑桥大学，跟随当年的老师哈代。不用说，罗庚去英国的奖学金也是来自那笔“庚子赔款”。

写到这里，我想插一句。如果今天有人做出罗庚那样的成就（虽然那时远没有达到他的最高水平），早就有外国同行（比如美国的大学教授）出钱邀请了。但在20世纪30年代，尤其像英国和剑桥那样的老牌帝国和学府，是非常吝啬的。即使是殖民地印度出来的天才拉曼纽扬，而且是哈代主动邀请来访的，也是由印度政府提供的路费和生活费。那次罗庚赴欧洲的旅途是选择陆路，即沿着西伯利亚铁路，今天的留学生是很难有这样的机会了。当罗庚与物理学家周培源作伴，经由莫斯科抵达柏林，省身也从汉堡赶来相聚。那会儿正逢夏季奥运会在柏林举行，省身陪罗庚兴致盎然地一起观看比赛。

他在剑桥的两年时间里，写出了十多篇堪称一流的论文，大大超出了以前的水准。用王元的话讲就是，“已经脱胎换骨，成为一个成熟的数学家了。”

这不是罗庚和省身在欧洲的惟一一次晤面，当年秋天，省身离开汉堡转道伦敦去巴黎时，也曾特意到剑桥看望了罗庚。当然，从省身轻松面对学问这一点来看，他到柏林和剑桥并非单纯去见罗庚，而是与他比较贪玩也有关系。毕竟，奥运会和牛顿的剑桥大学对每一个青年学子都有吸引力。这里需要提一下，据中华文化教育基金会的档案记载，在罗庚到剑桥访学之前，曾两度获得该基金会资助，让他到汉堡大学研修，但不知何故，都没有成行。倘若那时罗庚来汉堡，可能会随赫克或较为年轻的阿廷研究前途无量的代数数论，那样的话，后来中国数学的面貌将会有较大的不同。

当然，历史是无法改变的。罗庚抵达剑河之滨时，哈代正在美国旅行讲学，行前他看过维纳的推荐信和罗庚的论文，留了一封短函请系里同事转达。哈代在信中告诉罗庚，他可以在两年之内拿到博士学位。可是，罗庚为了节省学费和时间，放弃了攻读学位，他在剑桥期间，专心于听课、参加讨论班和做论文。不难想象，像罗庚那样的初中毕业生要获得申请博士的资格，需要补考多少门课，那无疑会成为他心理的一种折磨。而假如罗庚真的读了博士，那今天剑桥的某所学院倒是多了一位来自中国的著名校友，就像钱锺书就读的牛津埃克塞特学院一样。

哈代那时已经年过花甲，当他一年后旅行归来，似乎也没有给罗庚以指导，至少没有像当年拉曼纽扬来访时那样有合作。可以说，罗庚又一次依靠自学，只不过这回从中国的最高学府转移到了世界一流的大学。他在剑桥的两年时间里，写出了十多篇堪称一流的论文，大大超出了以前的水准。用王元的话讲就是，“已经脱胎换骨，成为一个成熟的数学家了。”当然，这与剑桥拥有非常强的解析数论研究团队不无关系，这支团队以哈代为核心，他们与当时最顶尖的数论学家、苏联的维诺格拉朵夫联系密切。有时维氏会把一篇新获得的结果一页页地传真过来，剑桥这边随即加以讨论和研究。

两年以后，罗庚启程回国，当他向哈代辞行时，大师问他在剑桥都做了哪些工作，罗庚一一道来。惊讶之余，哈代告诉罗庚自己正在写一本书，会把他的一些结果收录其中。这本书便是剑桥出版社出版的《数论导引》（1938），罗庚的那些结果可能是近代中国数学家最早被外国名家引用的。罗庚在剑桥取得的

主要成就表现在，完整三角和的估计、圆法和华林问题、布劳赫-塔内问题以及哥德巴赫猜想等方面。与此同时，罗庚有了后来成为他代表作的《堆垒素数论》的腹稿，而他另一部相对通俗的数论名著与哈代的著作恰好同名。

值得一提的是，罗庚在剑桥期间，并没有在美丽的剑河上学会传统的撑篙，或到苏格兰等地游览，却以不懈的毅力学会了骑自行车，这对患有腿疾的人可不容易。帮助罗庚学车的中国同学中，有当时攻读文学硕士、后来成为戏剧和电影导演的黄佐临，而罗庚学车的目的自然是为了节省时间，因为在剑桥这座大学城里，租住的房子、办公室和图书馆通常离得比较远。罗庚在剑桥的另一大收获是，他与苏联数学家维诺格拉朵夫建立了学术联系和友谊，这对他回国以后的研究尤其重要。值得一提的是，以英国人的矜持和冷漠，罗庚与哈代或剑桥的其他同事难以建立和保持省身与嘉当那样的友谊。

从昆明到普林斯顿

1937年，即罗庚从英国回国的前一年，省身便准备从巴黎启程了，那时他已经在欧洲居留了三年，母校清华大学聘他为教授。没想到就在启程前三天，爆发了“七七事变”，日本军队占领了北京城。虽然前途未卜，可是省身却不顾危险，说到原因，他的个人问题没有解决应该也是一个实在的因素。早在汉堡时期，省身的老师杨武之教授就亲自写信，把另一位教授郑桐荪的千金介绍给他，省身在清华读书时见过郑小姐，印象还不错，于是两人便开始通信了。在那个年代，这也就算是名义上的男女朋友了。虽然有急于赶回去的心情，但贪玩又有心计的省身还是先坐船横渡大西洋，去了纽约。

省身的第一次美国之行历时一个月，玩过纽约看过百老汇的大腿舞之后，便乘火车到新泽西的普林斯顿朝圣。遗憾的是，时值炎炎夏日，多数人都避暑去了，他既没有遇着通过信的维布伦，也没有见到仰慕已久的爱因斯坦、冯•诺伊曼、外尔等大学者，惟一有过交谈的是维布伦的一位合作者。接下来，省身穿越美洲大陆来到加利福尼亚，最后北上到达加拿大的温哥华，从那里搭乘“伊丽莎白女王号”邮轮回上海。这次美国之行给省身留下了美好印象，六年以后，他重返美国，在那里度过了大半生，包括学术生涯的黄金时期。可是，当邮轮抵达长江口时，省身却发现岸上火光冲天，原来上海刚被日本人占领。

一段时间里，罗庚和省身一早起来有说有笑的，然后便沉浸在各自的数学空间里，直到深夜。

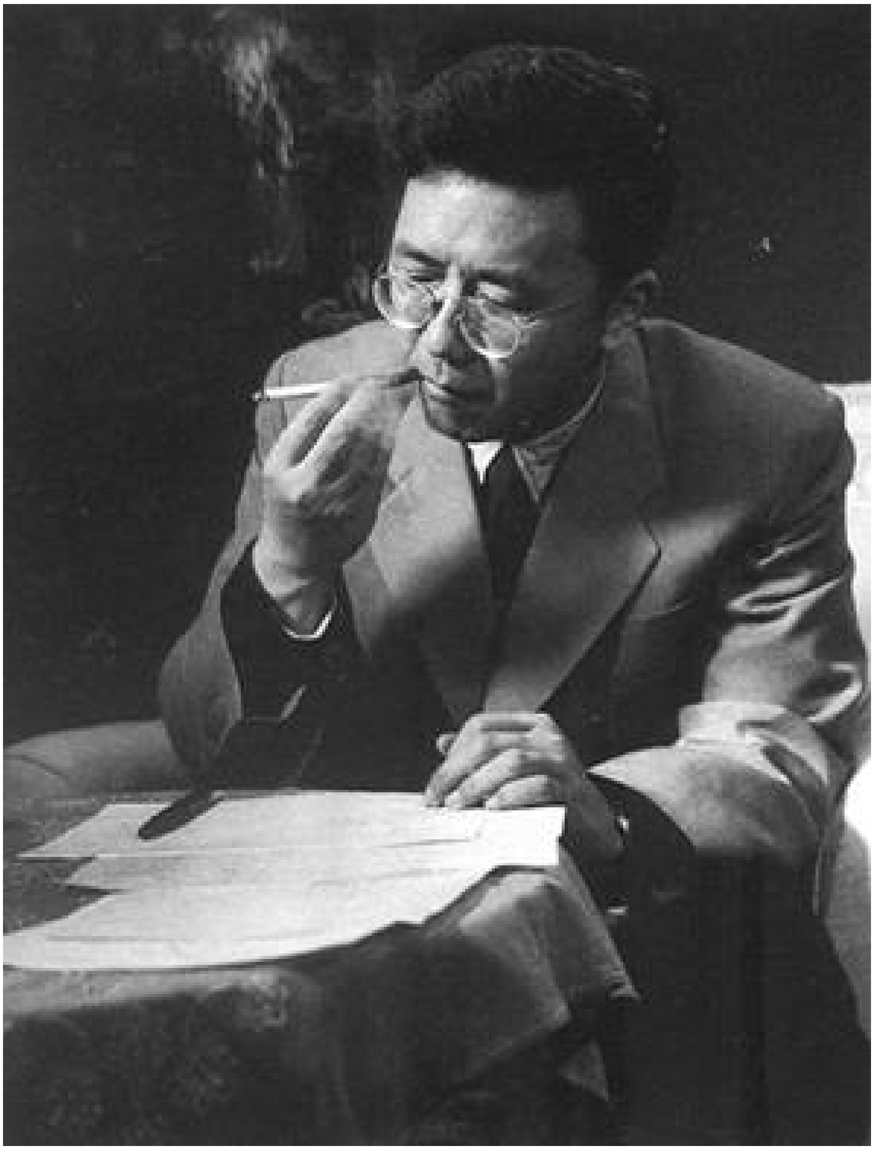
不得已，邮轮掉头向南去了香港。省身无法与在上海的女友见面，到达香港后又滞留了一个多月，方才得知清华大学与北京大学、南开大学已搬到湖南，组成了长沙联合大学。省身赶在11月开学之前抵达，可是，战火迅速向南蔓延，省身在长沙只待了两个多月，便又随学校南迁至昆明。那年岁末，省身在长沙完成了一桩人生大事——订婚。虽然是战时，仪式却相当隆重，证婚人之一正是介绍人杨武之，另一位则是理学院院长、后来担任中国科学院副院长的吴有训，那天晚上，想必年方15的杨振宁也混迹其中。值得一提的，郑小姐那会儿还是燕京大学生物系的二年级学生。而两人的婚礼，则要等到一年半后，才在昆明举行。

说到这次从长沙到昆明的南迁，西南联大兵分两路，大部分老师和同学们一起，有时步行，有时坐一段烧煤的汽车，足足花了68天；而省身和杨武之等名教授及家眷则经香港坐船到越南海防，再乘坐火车北上，只用了13天。有意思的是，那时昆明与邻省四川、贵州不通火车，反而与越南有窄轨连接，那是法国殖民者修筑的。这里笔者想插一句，省身他们抵达昆明6年以后，先父为了到西南联大求学，也沿陆路从浙江去了昆明。当时迁往大西南的名校还有浙江大学（贵州湄潭）、中央大学（陪都重庆），不过在它们的校史里这叫西迁。据先父回忆，在联大时他和同乡曾拜访过华先生。

就在省身抵达昆明的那一年，罗庚从英国回来了，他也被破格聘请为西南联大的教授，两人当时年纪只有二十六、七岁。在罗庚辗转从香港、西贡和河内抵达之前，他的夫人和孩子们已先期来到，一家团聚之后住在郊区，以避开日军飞机的轰炸。联大也坐落在郊区，但离华家比较远，罗庚每次坐着颠簸的牛车去上课。后来，在有课的时候罗庚就住到学校里，和另外两个单身汉同居一室，其中就有省身。原来，省身婚后不久，夫人有了身孕，便送她回到上海随其父母生活了。令人难以置信的是，由于战乱分离，加上后来去美国访学，省身夫妻再次相聚时，儿子已经满六岁了。

在西南联大的那些年里，罗庚和省身的数学研究都取得了新的突破。两人有一年时间住在同一个房间里，每人一张床、一张书桌和一把椅子，屋子里就没有多少空地了。那时联大的教授尽管生活清贫、工作条件艰苦，教书和研究热情却异常高涨，还有许多出类拔萃的学生，如杨振宁、邓稼先、李政道等。一段时间里，罗庚和省身一早起来有说有笑的，然后便沉浸在各自的数学空间里，直到深夜。虽然两人从未合作写过论文，但他们在联大联合举办过“李群”讨论班，这在当时全世界都十分先进。值得一提的是，也是在那个时候（约1939年），罗庚的父亲在金坛老家过世。那会儿正值战乱，加上路途遥远，罗庚无法赶回家送别父亲。

在西南联大期间，罗庚在数论方面的研究主要与获得牛津大学博士并在普林斯顿做过博士后的闵嗣鹤合作（后者也曾担任过省身的助教），同时努力完成自己的第一本专著《堆垒素数论》。其时罗庚已是这个领域的领袖级人物了，但他并不满足于此，而是另辟蹊径。例如，他在自守函数和矩阵几何领域均做出了出色的工作，前者至今仍是研究热点，后者与省身老师嘉当的工作有关。罗庚在一篇论文的尾末还提到省身，感谢他提供嘉当论文的抽印本。此外，他还研究了代数学中的若干问题，如有限群、辛群的自同构性质，后者在不久的将来引导他深入研究典型群论。



沉迷于数学王国里的华罗庚

与此同时，省身的学术研究也取得了新的进展。回国第二年，他便在美国的《数学年刊》上发表了一篇论文，这家由普林斯顿大学与高等研究院联合主办的刊物今天仍是全世界数学领域里最重要的。几年以后，省身又两度在《数学年刊》上露面，他在克莱因空间的积分几何等领域做出了出色的工作。后来成为省身终身好友的法国数学家韦伊在《数学评论》上撰写长文，予以高度评价，他认为，此文超越了布拉施克学派原有的成就。这些工作为省身后来进入并立足美国铺平了道路，也正是在那段时间，他对高斯-博内公式开始产生了浓厚的兴趣。

1943年夏天，省身由昆明启程去美国，那时还没有飞越大洋的民航班机，由于太平洋战事吃紧，他也无法搭乘远洋轮船，那样的话他本可以途经上海探视久别的妻子和从未见过的儿子。结果省身往另一个方向绕了地球一圈，他先是搭乘空载返回的美国军用飞机，到印度的加尔各答和（今巴基斯坦）卡拉奇，接着经非洲中部的某个国家飞越南大西洋，到巴西以后再北上佛罗里达，最后才抵达普林斯顿。省身在普林斯顿逗留

了两年半，完成了一生最出色的工作，包括给出高斯-博内公式的内蕴证明，这标志着整体微分几何新时代的来临。

值得一提的是，这项工作是省身抵达美国最初的三个月内完成的，足见他在昆明时已经做了充分的准备。整整两年以后，就在省身接获母亲病危消息准备回国前夕，他又提出了现在被称为“陈示性类”的不变量理论。那时抗战已经取得胜利，罗庚在中国如鱼得水，以他的个人成就和交游能力，与国民党军政要员和苏联方面也联系密切。他先是应邀访苏3个月，接着又被选入赴美考察团，同行的有李政道等8位科学家。1946年4月，正当罗庚准备出发去美国时，省身回国了，两人在上海得以晤面。按照省身的回忆，“他（罗庚）负有使命，但我们仍谈了不少数学，我们的数学兴趣逐渐接近。”

天各一方瑜亮无争

说到罗庚访苏，那是当年中国知识界无人不晓的事件，因为他撰写的三万字日记在《时与文》杂志上连载了四期。这是一家由热衷参政议政的知识分子在上海创办的周刊，在上个世纪四十年代中后期十分红火。由此可见，在中国近现代的各个时期，像罗庚那样的传奇人物都是受大众关注的。同时也说明，即使在国民党统治时期，中苏关系也非常重要。在苏联，罗庚见到神交已久的维诺格拉朵夫以及其他数学家。我对他的旅行路线颇感兴趣，他从昆明出发，乘飞机和汽车，经过印度、巴基斯坦、伊拉克、伊朗、阿塞拜疆、格鲁吉亚，最后飞抵莫斯科和列宁格勒。当然，这比起省身的赴美旅途来还是要简捷和安全。

几年以前，罗庚和省身早年的得意门生、数学家徐利治谈到两位恩师时认为，他们都是入世的。也就是说，他们都比较关心政治，或者说是，都对政治比较感兴趣。相比之下，徐利治认为西南联大“三杰”之一的许宝騄是观世或出世的。许与华同年，月份还大了两个月。他祖籍杭州，出生在北京，系名门世家，祖父曾任苏州知府，父亲是两浙盐运使，姐夫俞平伯是著名的红学家。许宝騄从清华大学数学系毕业以后，通过了留英资格考试，却因为体重太轻未能成行，结果等了三年才动身赴伦敦大学，获博士学位后回国担任西南联大教授。

许宝騄被公认为是在数理统计和概率论方面第一个取得国际声望的中国数学家，可惜在文革期间英年早逝，那时离开省身第一次回国访问只有一年多时间了。徐利治回忆说，“许宝騄淡泊名利，凡是权位、官职一概都不放在心上。这个人专搞学问，是很清高的，但也喜欢议论政治。”以笔者之见，许宝騄的这一个性与他的出身、学识和身体状况等都有关系。假如社会风气和经济基础允许，每个成年人应该都有依照自己的意愿，选择生活道路和与世界相处方式的自由。值得一提的是，许宝騄终生未娶，这与省身尤其是儿女成群的罗庚截然不同。

菲尔兹奖得主赛尔贝格这样评价说，“很难想象，如果他（罗庚）不曾回国，中国数学会怎么样？”

罗庚在普林斯顿期间，在代数学尤其是典型群论和体（无限维代数）方面做了很多出色的工作，特别是得到了被阿廷称为“华氏定理”的半自同构方面的重要结果，并给出了被后人称为“嘉当-布劳韦尔-华定理”的一个直接简单的证明，这个定理说的是：体的每一个正规子体均包含在它的中心之中。一位美国同行说过，“华罗庚有抓住别人最好的工作的不可思议的能力，并能准确地指出这些结果可以改进的地方。”省身的好友韦依这样评价，“华玩弄矩阵就像玩弄整数一样。”除了学术研究以外，罗庚到巴尔的摩霍普金斯大学医院做了腿部手术，使得延续了18年的瘸疾得到了减缓，至少左足也能像右足那样伸直了。

1948年，罗庚被伊利诺伊大学聘为教授，年薪达到了一万多美元，还配了四名助教。他把妻子和三个儿子接到美国，但已上大学且政治上要求进步的大女儿和刚出生不久的小女儿则留在中国。小女儿被外婆接回到金坛老家去了，从未见过她的罗庚直到回国才得以见到。那年中央研究院公布了首批院士，罗庚和省身榜上有名，另外三位当选的数学家是姜立夫、许宝騄、苏步青。伊利诺伊大学以数论见长，罗庚指导了两位数论方向的博士生，其中一位叫埃尤伯，撰写过一部有影响的数论教程。1985年，即罗庚去世那年，埃尤伯曾宣布证明欧拉常数的无理性，结果被发现有错。这个难题渊源已久，哈代当年曾表示，谁要是能证明它，他愿意让出剑桥大学的教授职位。

就在罗庚抵达伊利诺伊那年，即1948年的最后一天，省身率领全家离开了上海，搭乘泛美航空公司的班机，经东

京、关岛、中途岛，抵达旧金山。此前一年多，省身在国内忙于筹备成立中央研究院数学研究所。该所成立前后，作为实际主持人的代理主任（所长），省身广泛吸纳年轻人，他网罗的人才包括吴文俊、廖山涛、周毓麟、曹锡华、杨忠道等，省身每周12小时亲自讲授拓扑学，期间女儿在上海降生了。省身曾先后婉拒普林斯顿、哥伦比亚等大学和印度塔塔研究所的正式聘请，直到一个多月前，省身接到普林斯顿高等研究院院长奥本海默的电邀，在获悉南京国民党政府即将垮台以后，才做出了携家赴美的决定。

虽说讲究中庸之道的中国人的哲学里也有“瑜亮之争”和“一山容不下二虎”之说，但罗庚与省身还是终生维系了友谊。尽管他们的友谊并不是非常亲密，却经受了时间的考验。

省身抵达普林斯顿以后，主持了一个讨论班，撰写了一本几何学讲义。当年夏天，他受聘芝加哥大学数学系教授，这与他的好友韦依在那里不无关系。有意思的是，省身接替的莱恩教授恰好是其硕士导师孙光远当年的博士导师。那时这座日后以经济学家辈出而闻名的大学里还有两位初出茅庐的中国物理学家，即刚博士毕业留校的杨振宁和正在攻博的李政道，后者是两年前与罗庚一起来美国的。罗庚和省身同在伊利诺伊州执教，本应该有许多机会谋面，但省身的回忆里只提到芝大邀请罗庚来讲学时，两人见了一次面，再就是罗庚临走时的话别。

笔者注意到，在《华罗庚》里有这样的记载，赋闲在美的清华老校长梅贻琦（西南联合大学期间也以校务委员会主席身份实际主持联大）来罗庚家里住了一个月，两人每天谈笑风生。毕竟，罗庚和省身这对昔日的室友是同行，同行未必是冤家，但必定是竞争对手，而梅校长对罗庚是有知遇之恩的。当后来罗庚决定回国途经芝加哥时，梅贻琦又坦承地给予忠告，“政治是很复杂的，留在美国可以超脱一些”。值得一提的是，1955年，梅先生奉召回台湾，在新竹将清华大学复校，利用的也是“庚子赔款”的退款，他本人一度兼任“教育部长”和清华校长。

秋天来临，随着新中国的成立并定都北京，中国数学界面临同时失去两位领军人物的危险。庆幸的是，一年以后，罗庚决定放弃美国的高薪，率领全家返回中国。虽然关于罗庚回国的原因，有种种猜疑和分析，但无论如何，他满怀报效祖国的热情，他的行动对中国数学界显然是个福音。多年以后，挪威出生的美国数论学家、菲尔兹奖得主赛尔贝格这样评价说，“很难想象，如果他（罗庚）不曾回国，中国数学会怎么样？”而省身则选择留在美国生活，成为中国数学家在美国的标志性人物，他对中国数学更多的帮助和贡献，要等到退休以后。

虽说讲究中庸之道的中国人的哲学里也有“瑜亮之争”和“一山容不下二虎”之说，但罗庚与省身还是终生维系了友谊。尽管他们的友谊并不是非常亲密，却经受了时间的考验。无论早年的中央研究院，还是后来的中国科学院，都会遇到所长的人选问题，省身和罗庚都是最值得考虑的人选，而所长只能由一个人担任。幸运的是，中央研究院数学所成立时，罗庚正在美国访问或筹备出国之中，而中国科学院数学所成立时，省身已经定居美国。

如果一定要在他们中间选择一人留在美国，以笔者之见，省身更为合适。一来在他的研究领域美国处于最前沿，也最活跃，二来他与国外同行之间的合作和交游更为广泛和密切。而罗庚可能运气不是太好，一直以来单打独斗，较少获得过外国同行的帮助或提携。而就在中国生活的适应能力来说，底层出身的罗庚可能更胜一筹，事实证明，历次政治运动对他的冲击在知识分子中相对较轻。甚至在学术研究方面，罗庚的生存能力也极强，他在严重缺乏资料和交流的情况下，仍在多个领域取得世界性的成就。还有一点，罗庚的传奇经历很早就在中国百姓中广为人知，而省身当时的知名度却只限于学术圈。

这里要提一下省身的双亲，他的母亲好不容易熬过抗日战争，却在儿子普林斯顿访问归来前夕病故，他的父亲随后去了台湾。原来，省身有一个小他六岁的弟弟，毕业于西南联大物理系，抗战胜利后被派到台湾接受高雄的铝厂，父亲与从美国访学归来的省身匆匆见面以后，便随小儿子一家迁往台湾。因此，省身后来牵挂更多的应是在台湾方面。当老人家于1967年过世时，正在荷兰的省身中断了阿姆斯特丹大学的讲学，立



毛泽东接见华罗庚



中国科学院大楼；华罗庚将大半生的心血奉献给数学院的创建与发展

即赶往台湾。而在那以前的20多年里，省身仅在1958年和1964年两度前往台湾，看望父亲和弟妹，对此他的内心应是有歉疚的。

太平洋西岸的所长

说到罗庚回国，他首先抵达的是香港，在那里发表了《致中国全体留美学生的公开信》，号召留美中国人回国参与建设，引起了轰动。回到北京以后，罗庚先是在清华大学任教，接着很快经受了“三反”与思想改造运动的洗礼，他与蒋介石的一张合影给他带来了很大麻烦。可是，罗庚毕竟是个值得团结的名人，此前毛泽东还宴请过他，最后顺利过关，但因为相互揭发造成了同事之间难以消除的隔膜。直到第二年，政务院会议决定，罗庚担任新成立的中国科学院数学研究所所长，他的心情才豁然开朗。值得一提的是，数学所筹备处的主任委员原是苏步青，罗庚是四位副主任委员之一。

接下来的几年，罗庚在数学所大展宏图，直到反右斗争来临。在组织工作方面，罗庚从全国各地广罗人才，调集了数十位有成就或年轻有为的数学工作者，既重视基础理论，又注重应用数学，并成立了微分方程和数论两个专门组，同时鼓励其他人员钻研自己的方向。与此同时，罗庚主持召开了（建国以后）中国数学会第一次代表大会（当选为理事长）、全国数学论文报告会和中学生数学竞赛，并创办了《数学学报》（任总编辑）。此外，罗庚还随中国科学院代表团访问了苏联，如果不是斯大林突然去世，他在数论方向的研究结晶——《堆垒素数论》有望获得那年的斯大林奖金。

1955年，中国科学院建立学部，罗庚成为首批学部委员，滞留美国尚未加入美籍的省身并未入选。这与七年前中央研究院首批院士的遴选不同，不仅仅改了称谓，那时罗庚虽已被聘为伊大教授，仍缺席当选。在学术研究和教学上，罗庚和数学所也卓有成效。他亲自组织“数论导引”和“哥德巴赫猜想”两个讨论班，第一个讨论班形成了后来的数学名著《数论导引》，第二个讨论班的成就之一是王元证明了“3+4”和“2+3”。这里所谓“a+b”是指每个充分大偶数都可以表示成两个奇数之和，它们的素因子分别不超过a个和b个。如果能证明“1+1”，那就几乎等同于原始的哥德巴赫猜想了，即

每个大于或等于6的偶数均可以表示成两个奇素数之和。

值得一提的是，第二个讨论班吸引了北大数学系闵嗣鹤教授的研究生，其中就有笔者的导师潘承洞。那时清华数学系因为“院系调整”被解散，精华部分都到了北大，包括在昆明与罗庚合作过的闵先生。几年以后，已是山东大学讲师的潘承洞证明了“1+5”和“1+4”。而证明“1+2”的陈景润是由罗庚亲自出面从厦门大学调来的，之前，他写信把自己取得的一些成果告诉心中无比敬仰的罗庚，期间和后来发生的一些事情被徐迟写进了那篇著名的报告文学。直到今天，哥德巴赫猜想依然悬而未决，换句话说，陈氏定理依然无人超越。

除了数论以外，罗庚还在代数和函数论领域取得重要成就，尤其在典型群和多复变函数论方面，这两个领域培养出的人才和主要助手有万哲先，陆启铿和龚升等，其中“典型域上的多元复变数函数论”让罗庚获得了以郭沫若院长名义颁发的1956年度自然科学奖一等奖，这一奖项后来被认为等同于国家自然科学奖。26年以后，罗庚的弟子陈景润、王元和潘承洞也因为哥德巴赫猜想研究获得了同一殊荣。罗庚发现了一组与调和算子有类似性质的微分算子，后来被国际上称为“华氏算子”。必须指出的是，罗庚和他的学生们的这些成就是在严重缺乏学术资料的情况下取得的，当



文革期间，华罗庚在普及黄金分割率

时仅凭借他从美国带回来的部分书籍和文献，加上他离开美国前夕自掏腰包订阅的两份杂志。

在罗庚领导下的中科院数学研究所，还有一批数学工作者从事其它方向的研究领域，其中成绩最为突出的要数吴文俊和冯康，他们分别在拓扑学和计算数学方向取得世人瞩目的成就。早在省身领导中研院数学所期间，吴文俊的工作便已十分优异，后来赴巴黎留学，取得博士学位后回到北京。他在拓扑学示性类和示嵌类方面的出色工作，使其与罗庚同年获得自然科学一等奖。相比之下，作为有限元方法创立者之一的冯康除了在苏联斯捷克洛夫研究所进修两年以外，一直在国内从事研究。正是在罗庚的建议下，他从纯粹数学转向计算数学研究，后来成为这个领域当之无愧的学术带头人，并在去世四年后因为"哈密尔顿系统的辛几何算法"被追授自然科学一等奖。

在上个世纪五、六十年代的中国，不可能不卷入政治活动，何况罗庚是个有热情，喜欢和需要交际的人。早在金坛中学工作时，罗庚就加入了国民党，清华时期他积极投身一二•九运动，到了西南联大，他又成了左翼诗人、文学院教授闻一多的密友。罗庚的长女认闻夫人为干妈，导致她后来积极靠近中共，留在国内而不愿意随母亲和兄弟去美国。1952年秋天，罗庚加入了中国民主同盟，那时各级人大代表或政协委员，要么是中共党员，要么就是某个民主党派成员，他选择民盟或许是受闻一多的影响。后来，罗庚长期担任民盟的中央常委和副主席，并先后当选全国人大常委和全国政协副主席。

1957年上半年，罗庚与民主同盟的另外四位学者曾昭抡、千家驹、童第周、钱伟长响应"百花齐放，百家争鸣"的号召，联名向国务院提出了关于科学体制改革的几点意见，不料却闯下大祸。民盟随后召开会议研究对策，结果主持会议的民盟第一副主席章伯钧成为毛泽东钦定的头号右派，与会的曾昭抡、费孝通、钱伟长、黄药眠、陶大镛、吴景超六位教授也无一例外。幸好化学家曾昭抡主动承担责任，加上罗庚后来积极在报上认错，他才和生物学家童第周还有经济学家千家驹（后来命运更惨）免戴"右派"帽子。值得一提的是，直言仗义的曾昭抡来自湖南湘乡著名的曾国藩家族，他是麻省理工学院博士和首届中央研究院院士，当时担任教育部副部长。

那时候，惊魂未定的罗庚必定想起了老校长梅贻琦在芝加哥的临别赠言。"反右"之后，接下来的便是大跃进。罗庚作为数学所所长提出，在12个数学问题上要在十年内赶上美国，并且要把计算技术、人造卫星、大水坝等方面的数学问题统统包下来。显而易见，作为一个大数学家，罗庚说这些话已违心地自夸了，但在当时的形势下，还被认为不够"先进"，所内甚至有年轻人提出，在偏微分方程领域赶超美国只需两年。那以后，罗庚又被列入了"保守派"，加上他在旧中国和海外的经历等因素，屡次要求加入共产党的申请书均在所里和科学院内部遭到否决。

那时的中国已经主动与西方割断了联系，1954年和1958年（还有1974年），罗庚均接到国际数学家大会作45分钟报告的邀请，但因为未获得政府批准而作罢。可能是迫于形势，加上年龄的增大不再适合纯粹数学的研究，罗庚在文革前夕开始转向应用数学，这导致他晚年的主要精力致力于推广统筹法和优选法，并取得了不俗的成绩，这也让他相对安全地度过了"十年浩劫"。罗庚和他的小分队先后到上海、山西、陕西、四川、黑龙江等省市，直接把数学知识服务于生产建设。正因为如此，包括周

恩来在内的国家领导人可以正大光明地保护他了。

不过，罗庚从事数学普及并非逃离是非的幌子，而是凭着一个数学家的良心，全心全意地投入其中。甚至当文革结束后，年轻数学家陈景润和杨乐、张广厚因为纯粹数学方面取得的成绩而受到表彰和广泛宣传时，他仍然毫不动摇地埋头于数学普及，王元因此认为，“他的确已把普及数学方法作为他晚年的事业了”。可是，当罗庚因为心肌梗塞初犯而不得不回北京住院时，又悄悄地思考起“哥德巴赫猜想”，他提出了自己的一个想法和思路，希望王元和潘承洞与之合作，却未得到响应，因为他俩暗地里都作过尝试，知道那个方法不可能导出猜想的最终解决。



陈省身学术生涯的大部分时间在
伯克利加州大学

太平洋东岸的所长

就在罗庚在中国领导数学事业、历经磨难而生命力依然旺盛的时候，省身却在美国一心一意地研究几何学，并渐入佳境。

1950年夏天，国际数学家大会（因为二战暂停）相隔14年以后在哈佛大学召开，虽说39岁的省身错过了获得菲尔兹奖的最后机会，但被邀请作一小时的报告，那是中国数学家第一次得到这样的殊荣，他演讲的题目是“纤维丛的微分几何”。那年做一小时报告的共有十人，担任大会主席的正是省身在美国最早的知音维布伦。1970年，国际数学家大会在法国尼斯召开时，省身再度获得邀请作一小时大会报告，演讲的题目是“微分几何的过去和未来”。

可以说，在这20年里，陈省身是风光无限的现代微分几何的代言人。不过，省身初到美国时，情况却并非如此。那时这门学科被认为已进入死胡同，它甚至不出现在大学课程里，即使是堂堂的哈佛大学，也很少有几何学的博士论文。另一方面，19世纪后期诞生的拓扑学却方兴未艾，而省身早在北京听布拉施克讲学时就学到了拓扑学的精髓，从临界点、不动点理论到纤维丛、示性类，他都熟练掌握并纳入自己的研究范围，当把这些工具应用到微分几何中去，就形成了所谓的大范围微分几何或整体微分几何。在芝加哥的十年，陈省身可谓“复兴了美国的微分几何，形成了美国的微分几何学派”。

可以说，在这20年里，陈省身是风光无限的现代微分几何的代言人。

接下来，陈省身移师西海岸气候宜人的伯克利加州大学，帮助这所公立大学的数学学科从全美排名第四跃居到第一，他在几何学和拓扑学两方面都提升了该校的学术地位。在伯克利，省身与不少同行们合作过，尤其是那些慕名前来的年轻人，其中特别值得一提的有两位，一位是后来担任普林斯顿高等研究院第7任院长的格里菲斯，另一位是堪称传奇人物的西蒙斯。省身和格里菲斯的合作主要表现在两个方面，即网几何和外微分几何。因为省身的原因，格里菲斯后来多次造访中国，他还一度担任国际数学联盟的秘书长，正是在他任职期间，联盟属下的国际数学家大会2002年在北京顺利召开。

省身与西蒙斯则合作完成了“陈-西蒙斯不变量”，它至今仍是理论物理的研究热点，曾被物理学家、菲尔兹奖得主威藤应用到他的量子场论研究中去。后来西蒙斯当了纽约大学石溪分校数学系主任，与物理学家杨振宁共事，结果在一次演讲之后使杨先生终于明白，原来他和合作者米



陈省身从以色列总统手中接过沃尔夫奖

尔斯当年建立起来的规范场理论的数学对应物正好是省身建立的纤维丛理论，只不过后者比前者早十年出现罢了。这样一来，现代几何和现代物理就广泛密切地联系在一起，这同时提高了纤维丛和规范场理论的学术地位。

之所以称西蒙斯为传奇人物，是因为他赢得数学盛名以后放弃了教授职位，转向金融投资并大获成功。2003年春天，西蒙斯曾租用私人包机来南开大学看望省身，着陆申请是由杨振宁出面向北京方面提交的。值得一提的是，在眼下这场席卷全球的金融危机中，作为文艺复兴公司总裁，西蒙斯的年收入一举超越金融大鳄索罗斯，连续几年高居全球“对冲基金”经理之榜首，同时进入福布斯全球富豪榜的前100位，他曾为庆祝省身80大寿召开的几何学会议等数学活动注入资金。晚年的杨振宁在一次电视访谈中声称，规范场理论远比他和李政道合作完成的宇称不守恒理论重要，虽然后一项成果使他们两个获得1957年的诺贝尔物理学奖。

省身在伯克利不仅与年轻同行广泛合作，还亲自培养了31名博士，其中最负盛名、最有成就的当数后来获得菲尔兹奖的丘成桐，他解决了包括卡拉比猜想和正质量猜想等多项世界难题。这里需要提及的是，省身在芝加哥培养的十名博士中，有来自中国的廖山涛，他毕业后回到北京大学任教，因微分动力系统的稳定性研究也曾获得过国家自然科学一等奖。在伯克利期间，陈省身还当选为美国科学院院士，为此只得在那之前一个月加入美国籍；获得象征终身成就的沃尔夫奖，这也是迄今为止惟一获此殊荣的华人数学家（2010年丘成桐也获得此奖），获奖理由是，“对整体微分几何的卓越贡献，影响了整个数学。”沃尔夫奖由以色列总统贺索亲自颁发，陈省身获得的另一项荣誉——美国国家科学奖则由福特总统在白宫授予。

在行政事务方面，自从陈省身离开中国，卸下中央研究院数学所代理所长一职之后，就没再担任任何职务。但省身在与人交往，包括学术合作和指导方面表现出的大气和组织才能，又给美国同行以深刻的印象。在美国数学会的一次换届选举之前，省身曾被探询愿否担任会长之职，被他坚定谢绝，于是担任了两年的副会长之职。而当进入花甲之年，对故乡的怀念之情油然而生，他携带妻女回到了阔别已久的祖国，受到了高规格的接待，也见到了罗庚。那时罗庚正在外地推广“双法”，一纸电报把他召回了北京。那该是怎样一幕场景呢，在文革的悠悠岁月里，两家人一起吃了一顿烤鸭，谈数学但估计不会谈到太多，因为有家眷在，且各自的兴趣点也与以前不同。

无论如何，省身应该感谢罗庚一件事。1963年，省身的岳父郑桐荪老先生病危，这位从前的清华算学系主任、教务长、柳亚子先生（毛泽东最敬重的诗友）的内兄孤苦伶仃地躺在北京一家医院的大病房里，与其他七个病友住在一起，非常之吵闹。罗庚去看望昔日的老师，见此情景赶忙与医院方面交涉，把



华陈夫妇拍摄于1972年

他换到了单人房间。虽然这没能挽救或延缓郑老先生的生命，但省身应是心存感激。他和夫人都没有能为老人家送终，甚至在老人家生命的最后15年里，都无法见上一面。郑老夫人早逝，儿女们都在国外，郑老先生晚年身边竟然没有一个亲人可以相伴和照顾。

古稀之年，已经从加州大学教授职位退休的省身又到了人生的转折点。那一年春天，他与母校南开大学的领导和老友商议，准备建立南开数学研究所，为自己的回归做好准备。可是秋天，美国国家数学研究所却在伯克利成立，发起人之一的省身被任命为首任所长，回国定居的日期只得向后推延。直到三年后他任期届满，才接受邀请担任南开大学数学所所长。值得一提的是，由于省身的国籍，这样的任命需要获得高层批准。而以笔者之见，当初省身之所以没有与另一所母校清华合作的原因恐怕在于，他不愿意与仍然担任中科院数学所所长职位的罗庚同城竞争。

所谓国家数学研究所并非美国唯一最高的数学学术机构，即便目前其学术地位和声望仍逊色于普林斯顿高等研究院。美国是一个反垄断的国家，无论企业银行、新闻媒介，还是高等学府、学术机构，正如太平洋之滨的波士顿拥有哈佛和麻省理工学院两所超一流的大学，大西洋之滨的旧金山近郊也建起了伯克利和斯坦福两所闻名世界的学府。正是为了平衡东海岸的普林斯顿，美国国家自然科学基金委才批准并出资在西海岸的伯克利建立国家数学研究所的设想。美国数学西部一度落后于东部的主要原因是，第一次世界大战以来，大批欧洲的数学家移居美国，他们首选的落脚点自然是离开欧洲较近的东海岸。



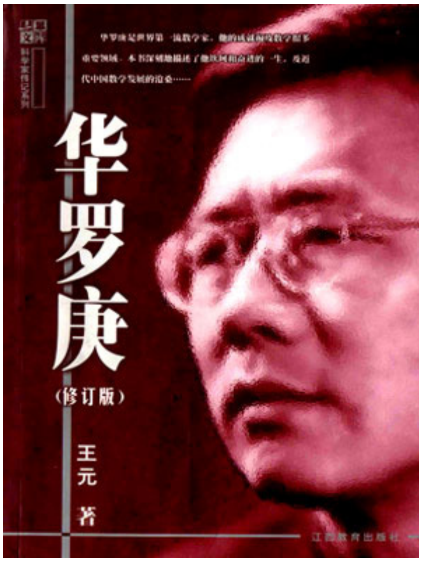
母校南开大学的陈省身数学研究所;
陈省身为其建立倾注了心血



邓小平与陈省身

那时的美国早已是世界的数学中心，省身担任美国国家数学所所长一职，并不需要他太多操劳，因此频频寻找机会返回中国。省身与邓小平等国家领导人多次会面，利用自己的个人影响力，为提高中国数学的水准作出努力。比如，他倡导了“双微（微分方程和微分几何）国际讨论会”，连续举办了七年。在省身的建议之下，举办了“暑假研究生讲习班”，他本人亲自授课，在北京大学开设“微分几何”研究生课程，第一次在中国普及整体微分几何，使“流形”、“联络”、“纤维丛”这些词汇在中国流行起来。用省身自己的话说，“未来数学研究的对象，必然是流形”。

待到南开数学研究所进入筹备和开张，省身倾注了更多的心血。幸好，无论何时何地，省身都有贵人和朋友相助。中研院数学所有老师姜立夫挂帅，南开数学所则有后生胡国定协助。南开的办所方针是，“立足南开，面向全国，放眼世界。”有关研究所大楼的建设，从筹集经费、结构设计到督促施工，省身都亲自操劳，他甚至还邀请了建筑工地的



华罗庚传

师傅吃饭并敬酒，使得工程如期完工。南开的学术年连续举办了11年，每年都有一个主题。在收留人才方面，省身更是不遗余力，其中包括龙以明和张伟平，前者是现任南开数学所所长，他们的成长和成功之路上都有省身的关爱。在陈老先生去世之后，他俩双双当选为中国科学院院士，成为最近一次院士增选中仅有的两位数学家，一时传为佳话。

尾声：纪念与祈愿

在省身受命尚未揭牌的南开数学所所长的第二年，即1985年初夏，罗庚应邀访问日本。他在东京大学发表演讲，回顾了50年代回国以后所做的工作，按年代分成四个部分，其中七、八十年代主要用做数学普及工作。或许是因为回顾往事，罗庚头天晚上兴奋过度，靠吃安眠药勉强得以休息片刻，第二天他坚持要求脱离轮椅，站着做完一个多小时的报告。而当他在暴风雨般的掌声中坐下来，准备接受一位女士的鲜花时，却突然从椅子上滑了下来。几个小时以后，东大附属医院宣布华老的心脏停止了跳动，他死于心肌梗塞，享年75岁。

此时，省身正在天津，为即将成立的南开数学所忙碌操心着。当他得知罗庚逝世的噩耗，随即致电北京有关方面，要求参加骨灰安放仪式（罗庚的遗体已在东京火化），但却被告知，外地来宾一概不邀请来京。罗庚生前是全国政协副主席，贵为国家领导人，其仪式规格自然非常之高。但笔者相信，作为一个数学家，假如罗庚灵魂有知，他必定希望省身这位相知半个世纪的同行和老友能来送行。就在两年前，罗庚到洛杉矶加州理工学院访问，省身从四百多公里以外的伯克利驱车前往相聚，那是他们的最后一面。正是在那一年，在菲利克斯•白劳德（他的父亲曾担任美国共产党总书记，他和弟弟威廉都曾担任美国数学会主席，罗庚访问普林斯顿时他正在那里读博）和省身等人的联合提名和推荐下，罗庚当选为美国科学院的外籍



陈省身获得首届邵逸夫科学奖

院士，省身为这份提名撰写了学术介绍。

在罗庚去世以后，省身依然活了将近20年。虽然他仍在思考微分几何领域的重大问题，例如六维球上复结构的存在性。但更多的时候，省身是在享受数学人生，利用自己的影响力和号召力推动中国数学，特别值得一提的是，他帮助申办和主办了 2002年北京国际数学家大会（省身是大会名誉主席）。随着暮年的来临，省身收获了各种各样的荣誉，包括一百万美元的首届邵逸夫科学奖，俄罗斯颁发的以非欧几何学创始人命名的罗巴切夫斯基奖章，当选法国科学院和中国科学院外籍院士，中国数学会设立陈省身数学奖（华罗庚奖已先期设立），美国数学研究所新建主楼命名为“陈楼”，而在即将到来的在印度海德拉巴举行的2010年国际数学家大会上，将会设立并颁发一个世界性的“陈省身奖”，此奖将与菲尔兹奖同时颁发。与此同时，省身也多次被最高领导人接见。

在中国历史上，数学家的政治地位向来比较低微。在20世纪以前，能被最高统治者接见的实属罕见，13世纪的李冶可能是惟一的例外。他出身书香门第，本名李治，后来被发现与唐高宗同名，不得不去掉一点。李冶考中词赋科进士后，蒙古大军侵入，历经磨难的他最后并没有逃往南方，而是留在蒙古人统治下的北方（元朝）。元世祖忽必烈礼遇他，曾三度召见他，并封其为翰林学士，但那是看中他的人文领域的才学。李冶推辞不过，勉强到京城就职，可是不到一年，他便辞官返回河北老家，著书讲学。李冶虽著有诗文无数，并有《文集》40卷，最有价值的却是一部冠

名《测原海镜》的数学著作。此书在中国数学史上占有非常重要的地位，他也因此被尊列为“宋元四大家”之一。

相比之下，20世纪的华罗庚和陈省身处境大为不同。罗庚曾先后受到蒋介石、毛泽东、华国锋、胡耀邦等不同政党的首脑礼遇，而省身接受的荣誉则超出了国界，除了邓小平、江泽民多次单独会面以外，还被美国总统和以色列总统受过勋。说实话，如此“殊荣”在世界数学史上也只有18世纪的欧拉等极少数人才享受过。以笔者之见，他俩面对政治领袖的心态有所不同。罗庚更像是旧时代过来的人，有着诚惶诚恐的一面，而省身则处身任何场合都比较自如。这从省身少年时写下的自由诗和罗庚后来与毛泽东交流的古体诗词中也可以作出看出，这种差别应与两个人的出身、经历、环境和所受的教育有关，也造成了他们数学之路和研究风格的差异。

遗憾的是，即便是接受过东西方名校熏陶的陈省身，也只是忙忙碌碌地度过一



华罗庚纪念邮票

生，未能像他当年师从嘉当时逗留的城市巴黎所熏陶出来的那些伟大的数学先辈那样，在研究之余做一些哲学方面的深入思考。从笛卡尔到庞加莱，法国数学的人文主义传统绵延不绝，这两位几何学和拓扑学的开拓者本身也是哲学家。其结果是，几乎每隔十年八载，法国都会产生一位享誉世界的数学大师。相比之下，我们更多地依赖天才人物的出现，这一点在罗庚身上尤为明显，而省身的教育并非都在国内完成。在罗庚和省身（还有许宝騄）诞生一百周年之际，我们在缅怀和纪念他们的同时，也由衷地祈愿，下一个或更多的罗庚、省身早日出现。

令人欣慰的是，与个别华人物理学家之间难解的恩怨相比，罗庚和省身相安无事地度过了一生，他们之间的友谊始终或多或少存在着，这是他们两个人的幸运，更是中国数学的幸事。正是由于他们的出现，中国数学在落后西方7个世纪以后，终于迈出了追赶潮流的有力步伐。与此同时，也使我们得以增强必要的信心，如同拉曼纽扬的出现提高了印度人的自信力。当然，省身和罗庚的成功有赖于姜立夫、熊庆来等前辈数学家和教育家的先驱性工作。随着国民经济实力的不断提升，中国赶超世界数学强国的努力有了基本的物质保障。如果我们的科技政策能够不断完善，使之更有利于人才的脱颖而出，则前景会更加光明。总之，每一个数学工作者都肩负重任，如同屈原在《离骚》中所写的：“路曼曼其修远兮，吾将上下而求索。”

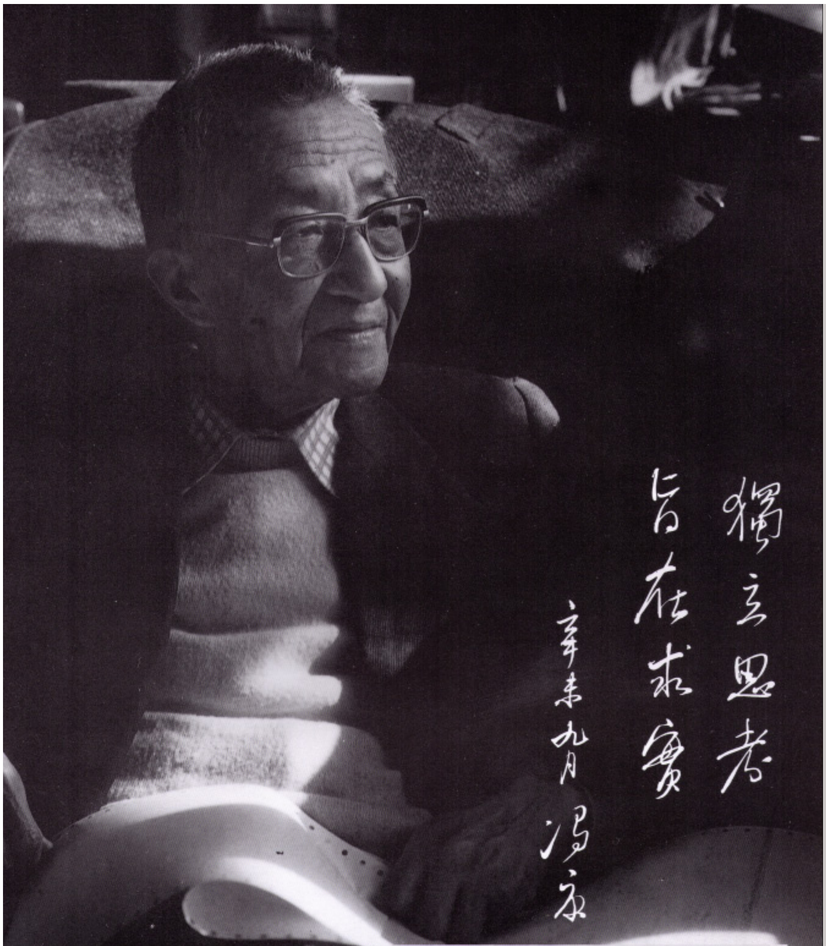
2009年春夏，杭州-香港



蔡天新

1963年出生于浙江台州，1978年考入山东大学控制理论专业，读研时转为数论方向，1987年在潘承洞院士指导下获博士学位，现为浙江大学数学系教授、博士生导师。既主持数论方向的国家自然科学基金，也曾主持外国文学方向的国家社会科学基金，新近出版的《数学与人类文明》被列入国家级规划教材，科学随笔集《难以企及的人物》也于2009年由广西师范大学出版社出版。

蔡天新也是一位著名的诗人和作家，有多首（篇）作品入选《中学语文》和《大学语文》新读本，曾担任安高诗歌奖、中国博客网大赛、日本世界俳句大赛、瑞士【中国艺术专案】的评委，他的诗歌和散文被译成英、西、法、意、德和日、韩、阿拉伯语、希伯来语、世界语等20多种文字，有6种外版书籍面世，先后有20次应邀参加五大洲国际诗歌节和文学节，包括香港国际文学节，并在巴黎、康桥等城市举办个人朗诵会。



冯康

——一位杰出数学家的故事

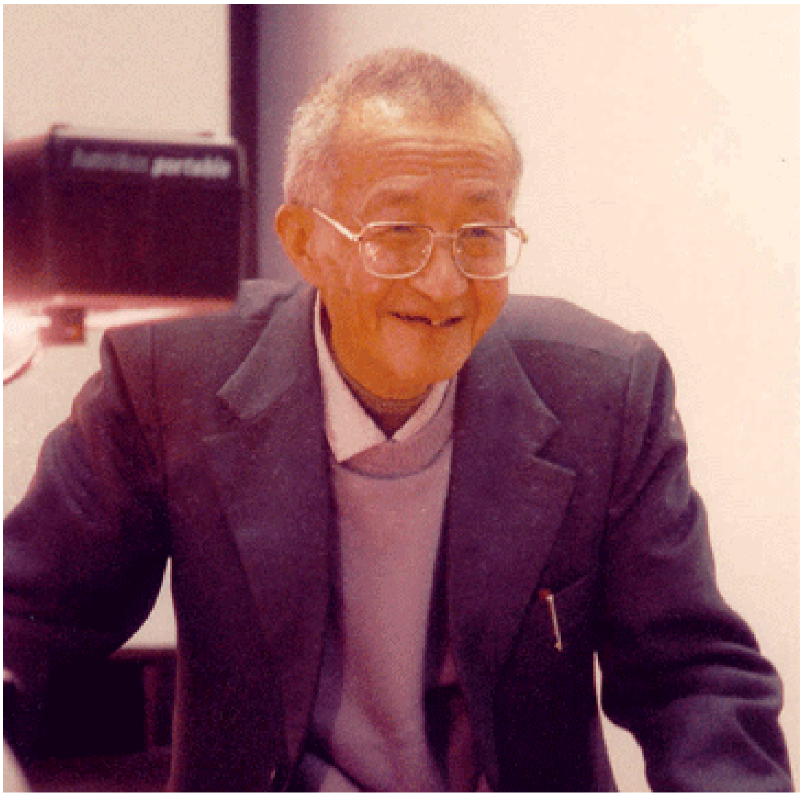
一个科学家最大的本领就在于化复杂为简单，用简单的方法去解决复杂的问题。

——冯康

纪念冯康院士诞辰90周年

汤涛　姚楠　杨蕾

老人走了，
世界出奇的宁静，
没有轰轰烈烈的告别，
没有连绵起伏的花海，
也没有一浪接一浪的赞美声，
而我们却看到，
天边陨落了一颗星……



开篇：冯康传奇

1993年8月17日，炎炎夏日里的北京，一个平淡的午后，一位数学界传奇的老人静静地走了。

尽管这是一个在中国发展历史上并不被人们常常记起的日子，然而正是这一天，却记下了一代中国数学大师的陨没。

作为中国应用数学的领军人物，老人一生成就卓著，在他辞世之时却没有得到太多的光环。直至几年甚至十几年之后，才被赋予荣耀与肯定。

见证中国过半世纪风雨沧桑，老人一生又充满传奇，虽饱经磨难、屡陷困境却又峰回路转，屡创他人之先。

这位传奇的老人，就是中国著名数学家——冯康。

冯康，虽然在普通百姓中并不像华罗庚、陈景润那样家喻户晓，但在数学领域，却是众所周知。

早在1981年，法国著名科学家，后来任国际数学家联盟主席及法国科学院院长的利翁斯（J. L. Lions）院士就对冯康和他领导的团队关于有限元方法的重大发现给予了很高的评价，他说："有限元方法意义重大，中国学者在对外隔绝的环境下独立创始了有限元方法，在世界上属于最早之列。今天这一贡献已为全人类所共享。"

冯康去世不久后的1993年年底，美国著名科学家、前美国总统科学顾问、美国原子能委员会计算和应用数学中心主任、沃尔夫奖（1987）和阿贝尔奖（2005）获得者彼得·拉克斯（Peter Lax）院士专门撰文悼念冯康，发表在美国《工业与应用数学会通讯》上。他指出："1993年8月17日，中国的杰出应用数学家冯康先生突然与世长辞。七十三载悠悠岁月，成就了他杰出的事业生涯，也走过了一段艰辛的生活旅程。五十年代后期，冯康先生独立于西方国家在应用数学方面的发展，创造了有限元方法理论。八十年代末期，他又提出并发展了求解哈密顿型方程的辛几何算法。冯康先生对于中国科学事业发展所做出的贡献是无法估量的。他通过自身的努力钻研并带领学生刻苦攻坚，将中国置身于应用数学及计算数学的世界版图上。"

纵观冯康一生的故事，我们似乎可以看到这些闪烁的光影，然而细细品味，却发现冯康的故事更是一个于平淡中抒写传奇的中国故事。

国际数学界最隆重的盛会，四年一次的国际数学家大会，于2002年在北京举行。共有四千多数学家参与了这一盛会。时任国际数学家联盟主席的帕利斯（Jacob Palis）教授和江泽民、温家宝等中国国家领导人出席了在人民大会堂举行的开幕式。这也是这一具有百年历史的盛


自然科学奖

证书

为表彰在自然科学研究中做出重大贡献者，特颁发国家自然科学奖证书，以资鼓励。

获奖项目：哈密尔顿系统的辛几何算法

获奖者：冯康 等

奖励等级：一等奖

奖励日期：一九九七年十二月

证书号：23-1-001-01

中华人民共和国国家科学技术委员会主任 宋健

冯康获得的1997年国家自然科学一等奖证书

会第一次在发展中国家举行。在开幕式上，帕利斯这样评价："中国数学科学这棵大树是由陈省身、华罗庚和冯康，以及谷超豪、吴文俊和廖山涛，及最近的丘成桐、田刚等人培育和奠基的。"

2008年12月15日，国家主席胡锦涛在纪念中国科协成立50周年大会上发表讲话时说："我国广大科技工作者勤于思考、勇于实践，敢于超越、不懈探索，无私奉献、团结协作，在短短十几年间，创造了一个又一个科技奇迹。我们取得了有限元方法、层子模型、人工合成牛胰岛素等具有世界先进水平的科学成果……这些重大科技成果，极大增强了我国综合国力，提高了我国国际地位。"胡锦涛主席特别提到了有限元方法，并将其放在众多科学成果中的第一位，也表明国家对于冯康和他的团队所作出的重大贡献给予了充分的肯定。

冯康出生于素有"江南古城"之称的江苏无锡，小学、中学时代是在具有"人间天堂"美誉的苏州度过。青年时期恰逢抗日的烽火年代，就读重庆的国立中央大学；毕业后先后执教于复旦、清华两大知名学府。冯康曾是中国科学院数学所最早的一批研究学者，也曾坐镇计算数学研究所和科学院计算中心统帅精英骨干一展风华。十年浩劫，受尽屈辱始终抱定科学信念；改革春天，作为首席科学家，指挥新生力量拼搏国家攀登计划。仅凭有限元与辛算法这两项科学领域的创新与突破，便足以让冯康的名字载入世界著名数学家的史册；也正是这两项杰出贡献，使得中国扬眉吐气，得以跻身于应用及计算数学世界领先的国家之列。

有人说冯康的成就来源于一门四杰家庭背景的熏陶；有人说冯康的成就得益于电机、物理、数学等多学科广泛知识的积淀；也有人说冯康的成就在于其对数学研究锲而不舍的上下求索，以及"春蚕到死丝方尽"的献身精神……

纵观冯康一生的故事，我们似乎可以看到这些闪烁的光影，然而，细细品味，却发现冯康的故事更是一个典型而又充满东方色彩的中国故事。自幼经历家境由盛转衰的起落依然没有放弃对知识的渴求而坚持自学；花样年华遭遇突如其来的病痛，于病榻上依然痴迷阅读数学经典；科学研究成果一度曾被忽视，仍坚持不懈，继续求索钻研；苦尽甘来终赢得声名鹊起，却又惹来无数争议与蜚短流长……

有人称他为数学学霸，有人称他为院士专家；有人说他锋芒太露，也有人说他亲切慈祥……

冯康的故事包含了太多中国人的隐忍与坚强，也包含了太多中国文化的禁忌与哀伤。或许这就是冯康带给人们的复杂情感，以致于他原本成就于一个英雄辈出的年代，却没有被时代赋予英雄的光环。

于是关于冯康的名字以及冯康的故事也没有广为流传。

尽管如此——
科学不会忘记，
世界不会忘记，
那个"瘦削的身影，闪烁着智慧的眼神，以及永远充满活力的面孔"。

这就是让人敬仰的——冯康。



从左至右：大哥冯焕博士，冯康院士，小弟冯端院士，大姐冯慧教授，姐夫叶笃正院士

姑苏城里，
一个博学儒雅的父亲，
为生计奔波而经常远走异乡；
一个慈爱豁达的母亲，
悉心照料天资聪慧的四兄妹；
沧浪亭北，故学宫旁，
千年府学，流转沧桑……

第一章　姑苏往事

“少小离家老大回，乡音无改鬓毛衰。”

2008 年 11 月 13 日，《绍兴日报》用大幅标题刊登了一篇名为“院士故乡行”的文章，报道了自民国以来从绍兴走出的近 50 位院士首次共同返乡、荣归故里的千古雅事。

在这些曾经为中国科学事业发展作出卓越贡献的耄耋长者中，有一对相濡以沫的夫妇格外引人注目，那就是中国著名物理学家冯端夫妇。而此次，冯端夫妇功成返乡还有一个重要的愿望，就是代替哥哥冯康走一走、看一看多年魂牵梦绕的家乡……

书香门第

绍兴，长江流域一座风景秀丽的江南小城，也是中国最早的历史文化名城。古往今来，这座城市便和无数的文人墨客、英雄大家联在一起。无论是“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”等广为传诵的诗句，还是“从百草园到三味书屋”所描绘的成人童话，单就“卧薪尝胆”的勾践、“鉴湖女侠”秋瑾就足以让人顶礼膜拜，更何况又走出了“学界泰斗”蔡元培、开国总理周恩来、地理学家竺可桢、经济学家马寅初、物理学家钱三强等等……除了与文人大家相连之外，清朝年间，许多绍兴的读书人还都愿意投身到官府做幕僚，“无绍不成衙”，“绍兴师爷”成为远近闻名的佳话。

冯家祖籍就在这里。

冯康的父亲冯祖培生于江西，是旧时代的文人，也是一位诗人。祖父曾任江西省分宜县知县，去世很早，死于任上。当时父亲的年纪还小，便被寄养在同乡的郑家，郑家对他甚好，后来两家一直成为世交。

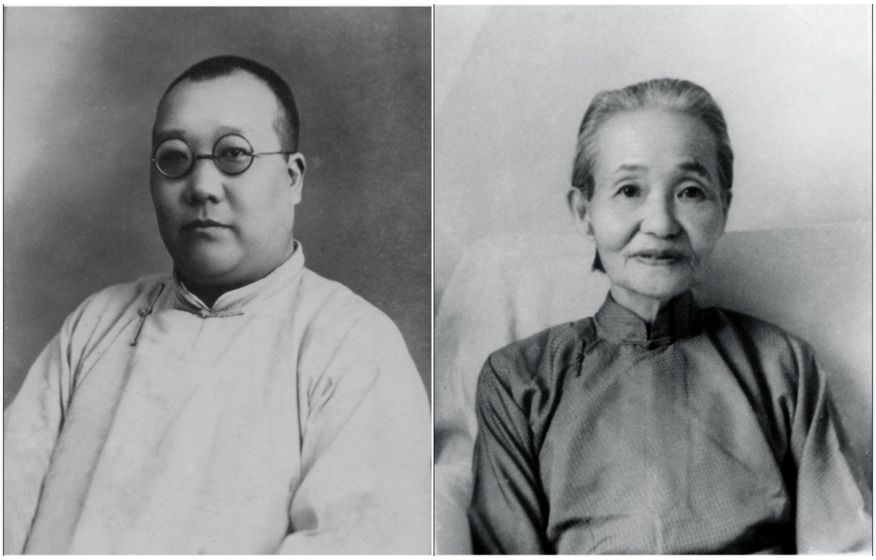
1905 年，父亲冯祖培陪伴亲友去绍兴参加县试，竟考中了案首（第一名）。在绍兴这样人才济济的地方参加科举考试，从几百个读书人中脱颖而出，考上案首是相当不容易的。怎奈“生不逢时”，那一年的县试竟成为中国科举制度中最后一次县试，第二年科举制度被正式废除。试想，如果科举没有被废除，冯祖培还能继续参加考试，中个状元或者榜眼也是有可能的。



历史名城绍兴；冯家的祖籍就在这里

科举制度的废除打破了父亲冯祖培通过科举考试走上仕途的梦想。为了养家糊口，冯祖培只好走绍兴文人的老路，投身作幕僚（俗称师爷）。冯祖培文学修养较高，文笔很好，擅诗词，工书法，曾经手抄成一册《秋影庵词草》，记录了他以诗言志，以诗会友的诗词。

辛亥革命后冯祖培转向仕途，担任过省厅局里



父亲冯祖培（左）及母亲严素卿（右）

的秘书、科长、县长等职务，四处奔波，曾先后在南昌、南京、六合、无锡等地任职，因此，家人也随冯祖培任所的变换而经常迁徙。冯康的母亲严素卿祖籍也是绍兴，生长在安徽望江，没有读过书，在家操持家务，抚养子女。

在冯祖培四处奔波任职的几年中，冯家的四个孩子相继出生，因此冯家四兄妹的出生地也各不相同。1915 年，大哥冯焕出生在南京。冯焕是父亲最喜欢的孩子，小名阿欢，取“欢”之谐音，故名“焕”。1917 年，姐姐冯慧生于六合。1920 年，冯康出生在江苏无锡。由于出生时身体不太好，家人希望他能健康成长，因此为他取名“康”。

父亲从无锡卸任之后，举家迁到了苏州。1923 年端午节前夕，小弟冯端出生于苏州，家人因此为其取名“端”。

有谁能料到，正是这四个当年辗转四个不同地方出生的孩子，几十年后，分别在电机工程、动物研究、数学研究及物理学研究方面成长为颇有建树的大家，成为鼎鼎大名的“冯氏四兄妹”。

故园风雨

素有“人间天堂”美誉的苏州不仅是富饶的鱼米之乡，拥有“甲天下”的园林，也是一座有着 2500 多年历史的文化名城。作为吴文化的发祥地，古往今来，苏州文坛贤能辈出，学术人才同样甲天下。从西晋文学家陆机，宋代政治家范仲淹、明代戏曲家冯梦龙、“吴门画派”唐寅，到近代文人顾炎武、章太炎、钱穆，以致于现代人们熟知的重量级大师——新中国研制“两弹一星”的王淦昌、著名美裔物理学家吴健雄、诺贝尔奖获得者李政道、建筑大师贝聿铭等等都出自苏州。

苏州文化气息浓厚，有被誉为苏州文化“三朵花”的评弹、昆曲、苏剧；有被誉为我国“四大名绣”之一的苏绣；有被誉为“南桃北杨”的桃花坞木刻……

冯康出生后不久，父亲从无锡卸任，带着全家定居在了苏州。父亲认为，苏州这样的文化古城，环境幽静，非常有利于孩子们的培养和教育。于是，在母亲的带领下，冯康与兄姊暂时告别了随父亲四处辗转奔波的日子，在苏州城安安乐乐地生活下来。而父亲迫于生计，只能孤身前往安庆、济南、福州等地任职。

正如父亲所期待的那样，在接下来十多年的时间里，姑苏古城的确让冯康四兄妹获得了良好的早期教育。苏州城文化底蕴的浸染，家庭环境的熏陶，使得冯家兄妹自小酷爱读书，更在大量的阅读中对数学、物理世界产生了绵延无尽的奇思妙想。

冯康四兄妹都相继在苏州中学度过了中学时代，具有千年历史的苏州中学今天更被称为“培养大家与院士的摇篮”。应该说，那一段时光是宁静而幸福的。

然而在宁静而幸福的记忆深处，弟弟冯端仍然觉察到哥哥当年有些“怪异”的脾气。“因为我们兄弟俩的年龄比较近，所以经常在自家的院子里一起玩。



儿时的冯康



童年时的冯康（右）与冯端（左）

为躲避轰炸，母亲带着冯康和弟弟到东洞庭山避难。东洞庭山滨临太湖，当时还未被日军占领，依然一副太平景象。在东山，冯康兄弟俩还被同学带到紫金庵去观赏南宋雷潮夫妇所塑造的一些罗汉，兄弟俩都“为这些优美的形象所慑服”。此情此景，让这对兄弟暂时忘却了战争的残酷，而依然用美好与感动的心去感受着世界。

美好终究是短暂的。1937 年 11 月中旬，上海失守后，苏州沦陷，12 月下旬南京也相继沦陷。随后，战争的烽火也烧到了东洞庭山。冯康与母亲、弟弟一家三口不得不离开东洞庭山再次返回苏州城。

此时，被轰炸过的苏州一片狼藉，冯家住宅也被毁掉大部分，父亲收藏的图书字画也损失殆尽，冯家三人只好租别人的房子居住。对苏州中学依旧有着深厚感情的冯康带着弟弟回到中学草桥原址去查看学校的情况，眼前见到的也只是一片轰炸过后的狼藉，这让兄弟两人心痛不已。

踢皮球，打乒乓球……冯康的想象力非常丰富，我们玩得也非常开心。兄弟俩在一起有说有笑，似乎有着说不完的话题。可是一到了外边，出了家门，冯康就不愿意和我说话，甚至连上学、放学也不愿意和我一起走，觉得和我在一起会‘丑’了他，没面子。”冯端至今也不明白小时候哥哥为什么会那样对待自己，或许当年在冯康看来，弟弟只是一个小孩子，而自己却是个成熟的大人了。

尽管有着这样的小插曲，却并未影响四兄妹的手足情深，他们不仅日夜嬉戏为伴，更在相互影响和启发下，于浩瀚的书海中拼命汲取知识的营养。

1937 年 7 月 7 日，日本侵略军发动了“卢沟桥事变”，抗日战争全面爆发，冯家宁静而惬意的生活随之被打破。8 月 13 日，日军大举进攻上海，打响了淞沪战役，三个月后，上海失守。

在日本占领上海的过程中，毗邻上海的苏州也遭到大肆轰炸。冯家那时住在苏州城西偏僻的巷子里，在日军猛烈轰炸中也受到波及。当时，冯康的哥哥冯焕和姐姐冯慧先后离开苏州去南京中央大学、杭州浙江大学读书，后随学校西迁内地。家中只剩下母亲、还有半年就高中毕业的他和刚刚初中毕业的弟弟冯端。



冯家四兄妹在姑苏古城度过了美好的童年



冯康与兄姐于苏州家中合影（1933年）。从左至右：大哥冯焕，姐冯慧，冯康，弟冯端

1938 年，冯康兄弟随着母亲告别了满目疮痍的苏州，迁往上海租界暂住。由于当时父亲在福建省民政厅工作，母亲随后又带着兄弟两人从上海乘海轮去福州，后又转至永安，与父亲团聚。刚刚初中毕业的冯端被安排到战争中迁移至沙县的省立福州高中（抗战时迁移至沙县）读书，高中还差半年就读完的冯康则在永安的家中重点阅读了萨本栋写的大学教材《普通物理学》。

“沧浪亭北，故学宫旁，梧桐杨柳门墙。”

至此，几经风雨辗转，苏州中学连同故园苏州只能停留在冯家兄弟魂牵梦绕的记忆里了。

苏中记忆

“苏城东南，有一名园，风物清嘉，景色宜人，这就是历史上有名的南园。”公元 1035 年，时任苏州郡守的北宋政治家、文学家范仲淹买了南园一角之地，准备建造家宅，后听风水先生说“在此建宅，世世代代，必生公卿”。范公顿喜，想“与其吾家得此富贵，不如在此办所学校，让天下读书人，都在这里深造，都能得此富贵。”于是捐地创建府学，也就是今天的苏州中学。

今天当我们走进这所具有千年历史的苏州中学，依然可以感受到千年府学所传承下来的钟灵毓秀，春雨池畔、道亭山前、红砖黑瓦、绿影婆娑。虽已进入江南的寒冬时分，却也依然可以感受到这里青葱的气息和蓬勃生机。

走进别具古风雅韵的苏中校史博物馆，仿佛穿越中国古今教育发展的历史长河。正如当初范公所言，在苏州中学驻足，走出的名人大家不胜枚举。罗振玉、汪懋祖、胡焕庸、杭海槎等众多名家泰斗都曾在苏中担任校长，国学家王国维、吴梅、钱穆，语言学家吕叔湘，史学家吕思勉等大师学者也先后在这里执掌教鞭，从苏州中学科学楼的拱门中不仅走出了三十余位两院院士，更有赫赫有名的科学家李政道、钱伟长，文学教育家叶圣陶，政治活动家博古，历史学家胡绳，还有著名体坛教练袁伟



创立于1305年的苏州中学，其创始人是大文学家范仲淹

民……当然在这些苏州中学引以为傲的学子中，我们也看到了冯康、冯端兄弟。

是的，就是这所苏州中学占据了冯康兄弟年少时大部分的记忆。

冯康四兄妹都曾就读于苏州中学。大哥冯焕 1933 年高中毕业，考入中央大学电机系。姐姐冯慧初中就读在苏州女子师范中学，高中回到苏州中学，于 1936 年毕业，考取浙江大学。受抗战烽火殃及，苏州中学停办时，冯康还有半年高中毕业，而冯端仅初中毕业。

今天当我们走进这所具有千年历史的苏州中学，依然可以感受到千年府学所传承下来的钟灵毓秀，春雨池畔、道亭山前、红砖黑瓦、绿影婆娑。

在冯氏兄妹的心目中，苏州中学是一个广泛的教育群体：其中包括了苏州实验小学，苏初中和苏高中。当时实验小学位于三元坊，初中部则在草桥。

苏州学府的中小学教育以打好基础为主，实验小学的做法是“规规矩矩地谨守有关小学教习的范围，绝不越雷池一步”。语文方面只教授白话文，不涉及文言文，英语是一点都不教，包括 26 个字母。冯家兄弟的感触是，“这种做法，相当明智。因为最可怕的是由不合格的教师来教英语，将人引入歧途，以后再加以矫正就极其困难了。”

苏州中学强调的是“英、国、算”，即英语、语文和数学三门学科。初中的国文课本是文白兼收，老师会讲解一些浅近的文言文，作为学习古文的过渡。

冯康刚进初中时，学习英语遇到困难，由于他在小学一点英语也未学过，而其他同学大多学过英语。后来靠他自己努力，英语成绩很快就跟上了班里的同学，不仅如此，还跃居班上的前列。当时苏州中学的英文教学已经和现在的类似，从英文字母开始，然后学一些课文和语法，从无到有，循序渐进。这样的英文教育让冯康兄弟受益匪浅，加上以后的高中学习，便构成了他们一生全部的英语正规教育。

冯康的课堂英语学得不错，而且还注意到课外的自学，在高三期间，他常将《高中英语选》上的一些文学作品译成中文。其中一篇幽默文章《闺训》曾发表于杂志《逸经》，另有一篇剧作《月起》则未发表。

当时的苏州中学还专辟了图书室，供学生课外阅读，这为喜欢读书的冯家兄妹提供了绝好的条件。除了课本教程，他们也经常借阅与课程无关的图书，阅读的范围不断得到扩展，独立思索的习惯也逐渐养成。

冯康在高中时阅读了一本朱言钧著的《数理丛谈》。朱言钧教授曾留学德国，获哥廷根大学博士学位；回国后任上海交通大学和同济大学教授，建国后曾任西安交通大学数学系系主任。《数理丛谈》以学者与商人对话的形式介绍了许多数学中尚未解决的重要问题，包括哥德巴赫猜想等等，这些都让爱思考的冯



学生时代的冯康（左）和冯端（右）



冯家四兄妹的母校——苏州中学的一角

康非常着迷，或许因此也成为冯康后来钻研数学的契机。

抗战初期，苏州中学的图书馆被炸，冯康曾在断瓦残垣之间、灰烬之中拾得一本英语残书《世界伟大的中篇小说集》，就津津有味地阅读其中的一些篇章。这是他阅读英文书刊的开始。英文报纸和电影也成为他学习英语的辅助手段。后来，他曾在许多国际会议上用流利的英语作报告，并和外国学者交流。冯康从来没有受过正规的英语口语训练，靠的就是中学课堂教学打好的基础，以及后来的多看多用。

1937年夏天，抗战开始时，苏州遭到日军的猛烈轰炸，苏州中学也随即停办，于是，冯康兄弟恋恋不舍地告别了苏州中学，也告别了纯真幸福的少年时代。

除了课堂内的教育，苏州中学更加重视课外的学习。当时的试验小学和初中都时常组织郊游活动，丰富学生的课外知识，开阔孩子们的视野。

1937 年夏天，抗战开始时，苏州遭到日军的猛烈轰炸，苏州中学也随即停办。于是，冯康兄弟恋恋不舍地告别了苏州中学，也告别了他们纯真幸福的少年时代。

严父慈母

在冯康四兄妹的成长历程中，父亲与母亲的影响是非常深刻而深远的。试想，如果当初不是父亲决定让母亲带着兄妹三个定居苏州，冯康怎会获得苏州深厚文化底蕴的熏陶？如果不是在苏州得到良好教育的滋养，冯家日后又怎会走出“一门四杰”？

父亲常年在外为生计奔波，因此照顾四个孩子的起居，教育他们做人的道理，进行人生启蒙的责任就落在目不识丁的母亲身上。在孩子们的印象中，父亲是严厉的，母亲是宽容的。虽然父亲不经常在家，但对冯康兄弟学习却盯得很紧。

由于小时候冯康身体不太好，父亲便一直认为健康会对他的学习造成很大的影响，担心他学习跟不上。有一次，父亲自作主张直接找到班主任，建议冯康留一级，却把老师弄糊涂了。老师十分不解，对父亲说：“冯康是班上学习最好的学生，哪有将最优秀的学生留级的道理？”

父亲最喜欢的是长子冯焕，对他期望相当高，在学习上也对他格外重视。小的时候，父亲曾经聘请家庭教师专门教冯焕学习语文和英文。可惜的是，当时聘请的英文老师并不理想，把他的英文教坏了。冯焕在中学读书时的各门成绩都非常好，尤其是数学，唯独英文总是不及格，连考大学都受到了很大的影响，导致第一年没考上。后来冯焕曾经在香港、加尔哥答工作过，抗战胜利之后，到美国伊利诺伊大学攻读电机系，获得博士学位后，在美国通用电气公司一直工作到退休。可他的英文一直也没因为他的国外生活经历而得到改善。有一次，冯康和冯端到美国看大哥在通用电气公司作报告，结果大哥的同事说：“你们的英语比你们大哥说得还好。”

如果说，曾考中秀才的父亲把学习的天赋遗传给了冯家四兄妹，那么天天陪伴他们成长的母亲则是为他们创造了一种宽松的家庭环境和学习环境，传授了一种良好的学习方式。

冯康的母亲虽然不识字，然而记性很好，许多古诗都能张口成诵，所以四兄妹对很多诗词都能倒背如流，比如《唐诗三百首》和《千家诗》中的不少短诗。冯家兄妹们小时候总能听到母亲时常念念有词地背诵许多诗篇，天长日久也就耳熟能详了，当时可能对很多诗句不解其意，却也都能琅琅上口。在家里，母亲从不过多地干涉他们的兴趣和爱好，每个人可以自由地读书，把潜能发挥出来，按照各自的意愿发展下去。

冯端曾在一篇文章中谈到：“我们的父母亲对子女的教育从不横加干涉或插手其间，更不会施加任何压力。兄弟

姐妹之间，虽有切磋之乐，却从不包办代替。”即使父亲非常喜爱诗词，生前也从未教儿女们读诗词，没有跟他们谈论过诗词，甚至从未给他们看过自己写的诗集。父亲从不想将他的爱好强加于孩子身上。



冯家四兄妹经常阅读的《国闻周报》

30 年代，苏州的家中，父亲曾做主订阅了一份叫做《国闻周报》的杂志，其中有一个叫“采风录”专栏专门刊登一些旧诗词，也有一些专栏刊登新文艺作品，著名作家沈从文先生当时就曾担任一些新文艺作品专栏的编辑。四兄妹非常喜爱这本杂志，经常争相阅读。父亲在一种潜移默化中将文学的种子播撒在孩子的心头。后来父亲说家中可以多订一份杂志，让孩子们自己决定。在冯康的主张下，家中又增订了胡适之主编的《独立评论》。

父亲很喜欢让孩子们自己决定，也非常尊重四兄妹的决定。当时家中除了杂志之外，在大哥倡导下还订阅了上海的《晨报》。《晨报》的影评最有特色，大哥是一个影迷，因此对这类的报纸很感兴趣。后来等到冯康可以做主决定，这份报纸又换成了上海《大公报》。

四兄妹之间也相互影响。大哥冯焕从小爱学习，很喜欢读书，为弟妹们带了好头，使得家中充满了浓厚的学习氛围。他们团结而独立，拥有各自良好的学习方法。除了姐姐冯慧，兄弟三人几乎从来不开夜车。他们轻松愉快地进行学习，而不是中国传统教育强调的苦学，即使在学习中遇到困难，他们也都依靠自己的努力寻找合适的方法解决。

大哥进了高中以后，开始重视数理。他曾自己组装过收音机，从矿石机开始，后来发展为多真空管的超外差式收音机，这些都为他后来研读电机工程打下了良好的基础。大哥在高中时用的大多是外国教材，如 Fine 的“Algebra”（代数），Millikan 的“Practical Physics”（实用物理），3S 的“Analytical Geometry”（解析几何）。兄妹之间经常相互传阅，大哥对自然科学的兴趣也不知不觉地感染了弟弟和妹妹。

虽然在冯氏兄妹的成长历程中，与父亲聚少离多，然而父亲对学业一丝不苟的要求和博学儒雅的身影却让冯氏兄妹印象深刻。1940 年，还在福建任职的父亲突然去世了，只有 50 多岁。冯家的顶梁柱瞬间坍塌，经济来源也因此断绝。由此，家境开始由殷实转为贫困。

当时的冯康远在重庆，在国立中央大学就读二年级。



求学时代的冯康

是谁让飞翔的天使折断了翅膀？
是谁让奔跑的鹿儿受伤，
失去了速度与力量？
原本正值风华，原本意气风发，
却在最美丽的时光遭遇了最痛苦的磨难。
从此，把遗憾留给了美丽的身躯，
把意志化为一世的坚强……

第二章 “炼狱”风华

姑苏城里的和平往事，苏州中学年少的恋恋时光，随着抗日战争的烽烟四起，一切都消失得无影无踪。

1938 年，告别了苏州城后，冯康与母亲、弟弟辗转至福州永安与父亲团聚。虽然当时只差半年就高中毕业的冯康已经不再有机会进入中学读完高中的最后课程，但他依然坚持在家自学，修完了高中课本与部分大一的课程。

1939 年 2 月，冯康成功地考取了当时由教会创办的福建邵武协和学院数理系。半年之后，由于成绩优异，冯康还获得了奖学金。尽管如此，冯康始终觉得协和学院教学水平有限。只读了一个学期过后，冯康便于当年 9 月以高考状元的身份考入了当时已经迁往重庆的国立中央大学。

此时，冯康正值风华正茂，原本以为即将展开的大学生活会是一帆风顺，前面的道路也应该是繁花似锦。谁知，如同被施加了魔法咒语一般，厄运接踵而来，冯康也因此遭遇了人生最艰苦的年代。

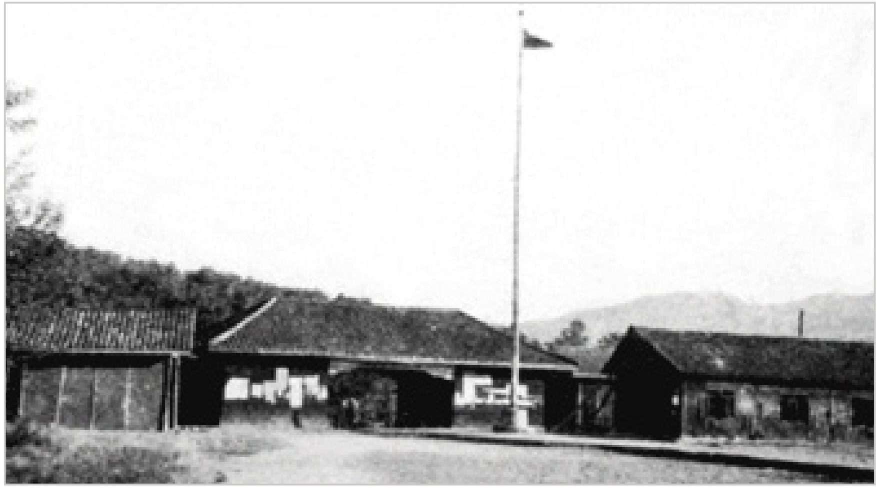
民国第一学府

冯家三兄弟都曾就读于国立中央大学，就是今天的南京大学。

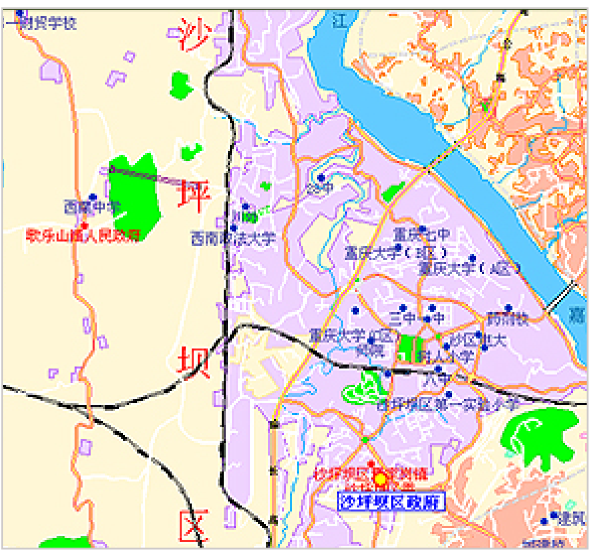
南京大学的历史源远流长，其前身可以追溯至公元258年的南京太学，而近代校史则始于1902年筹办的三江师范学堂。

1902年5月，两江总督刘坤一与东南名儒张謇、缪筱珊等人筹划新学，倡议兴学“应从师范学堂入手”，呈请开办师范学堂。1904年11月三江师范学堂正式开学。1906年5月，三江师范学堂易名两江师范学堂，创设中国高等学校中第一个图画手工科，为中国培养了第一代近代美术师资和艺术人才。1911年底，两江师范学堂因辛亥革命而停办。

1914年7月15日，江苏巡按使韩国钧委任江谦为校长，勘察两江师范学堂校舍，筹建南京高等师范学校。1921年，以南京高等师范学校为基础正式建立东南大学，东南大学是当时国内仅有的两所国立综合性大学之一。1927年6月，国立东南大学为并入河海工科大学、上海商科大学、江苏法政大学、江苏医科大学以及江苏境内四所公立专门学校，易名国立第四中山大学。1928年2月又易名江苏大学，1928年5月定名国立中央大学。



抗战时西迁至重庆沙坪坝的中央大学校门



冯康在重庆沙坪坝度过了丰富知识但又充满病痛的七年。现在的重庆大学就是战时中央大学的所在地。

抗战爆发后，国立中央大学与清华大学、北京大学、浙江大学等国民党统治区69所高校被迫挥泪告别了昔日宁静美丽的校园，踏上了险象环生、危机四伏、绵延千里的西迁之路，这也就是我国现代教育史上可歌可泣的西部大迁徙。

1937年11月，中央大学最后一批学生到达重庆，学校顺利西迁入川，校址设在重庆沙磁区沙坪坝松林坡。抗战期间，虽然物资缺乏，生活艰苦，在遭受日军飞机持续五年的疲劳轰炸下，仍然没有能够阻止国立中央大学的成长。

1945年8月抗战胜利后，中央大学师生返回南京，1946年11月1日开学时全校设文、理、工、农、医、法、师范七个学院，为全国院系最全、规模最大的大学。1949年8月，国立中央大学更名“国立南京大学”，1950年10月，去“国立”二字，称“南京大学”。

民国时期的中央大学规模之大是国内首屈一指的。也正是这民国第一学府，让冯家兄弟先后与之结下不解之缘。

1933年，冯康的大哥冯焕考入中央大学电机系。在那个年代，大学的电机工程被认为是最有用的，也是出路最好的，因此学子们趋之若鹜，特别是国立中央大学的电机系成为最难考，竞争也是最为激烈的系。

1939年，也许是受到大哥的影响，也许是好胜心太强，冯康同样报考了中央大学的电机系。9月，冯康被录取了，而且是第一名的好成绩。

大学一波三折

原本以为如愿以偿考上了国立中央大学后，冯康的求学生涯就会顺顺利利，没想到，事实并非如此，冯康所一心向往的大学生活竟也是一波三折。

入学之后，尽管学习着最热门的电机工程专业，但冯康逐渐发觉工科并不是自己最喜欢的领域，也不能满足自我追求与挑战。于是他决定从工科转到理科，锁定的目标是物理专业。

按照当时学校的规定，一年级转系不会影响毕业，但是二年级转便会对毕业造成一定的影响。由于冯康提出转系申请的时间已经太迟，因此到二年级冯康还是没能转读物理。于是，他不得不同时修读电机和物理两个学系的课程。这样一来，学习负担过重，对冯康的身体产生了不好的影响，一种可怕的疾病也就是在这个时候开始悄悄在冯康的体内滋长。

“转系风波”最终也影响到冯康推迟毕业。

然而“塞翁失马，焉知非福”，也许正是这其中的曲折，使得冯康完成了相对系统的工科训练，为他后来在理科方面的发展和创新打下了坚实的基础。

上个世纪 40 年代，在国际数学领域正是法国布尔巴基（Bourbaki）学派盛行时期。1935 年，法国有十几位毕业于巴黎高等师范学校的年轻数学家，他们打算一起为法国的大学生们编写一本分析教科书。在讨论编写的过程中，他们发现仅仅局限于编写教科书是不够的，他们认识到法国的数学已经不再唯我独尊，大部分的新数学来自德国和其他国家。为了将这些新领域的数学带到法国，让法国新生一代有所了解，他们对德国及其他国家的数学进行学习消化，又加以独创，形成自己的风格和学派。这就是二十世纪最有影响的数学家集体——布尔巴基学派。布尔巴基学派以布尔巴基的名义发表著作，主要是多卷本的《数学原理》（现已出版 41 分册），以及 1939 年出版的《集合论总结》、1940 年出版《一般拓扑学》的第一、二章（拓扑结构），1942 年出版第三、四章及《代数学》的第一章（代数结构）。那些创立布尔巴基学派的年轻人后来都成为法国科学院院士，也成为当代著名数学家。布尔巴基学派掀起了数学抽象化的高潮。这股潮流也波及到中国大学中有志于数理科学的学子们。

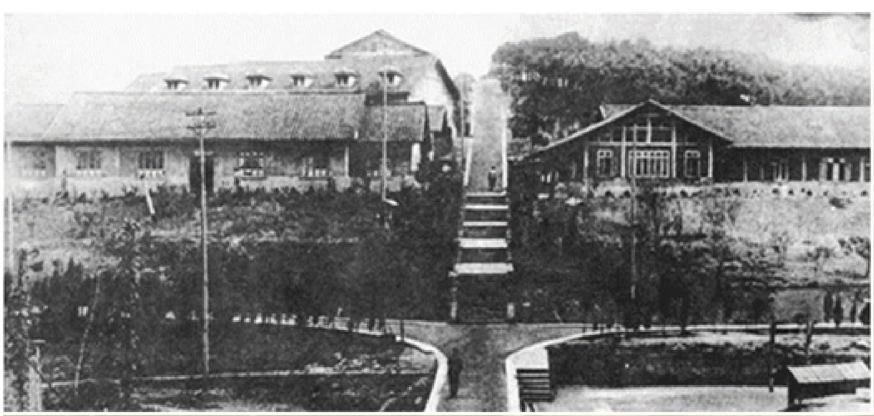
冯康在无涯的学海中一波三折，兜了个圈，最终停留在让他倾注了毕生心血也取得了卓著成就的数学方面，也正是这个圈，才能成就他后来在应用数学方向的造诣。

正在就读大学三、四年级的冯康，那时差不多已经将物理系和电机系的主要课程读完。热爱读书又对学术新动向有着敏锐嗅觉的他，迅速地捕捉到这种数学的新动向，于是他的兴趣从物理学转到数学，而且更倾向于抽象的纯粹数学。

冯康在无涯的学海中一波三折，兜了个圈，最终停留在让他倾注了毕生心血也取得了卓著成就的数学方面。也正是这个圈，才能成就他后来在应用数学方向的造诣。

许多学者对冯康大学时的这段经历都特别关注，甚至在他们看来，这段经历为冯康的数学家之路奠定了重要的学科基础。

正如美国科学院院士拉克斯（Peter Lax）教授在他的悼念文章中所指出的，冯康的早年教育背景微妙地形成他后来的兴趣。作为应用数学家而言，工程和物理方面的基础是至关重要的，他的经历可以说是培养应用数学家的最理想的方式。从事应用数学方向研究，尤其是在工程方面应用的学生和学者，都有过类似的感受。如果从大学开始一直都在数学系学习，在后来的应用数学研究工作中，都会遇到大大小小的困难，它们大都来自于对物理和工程知识的缺乏。而从事



重庆沙坪坝的中央大学学生宿舍



这是著名的中央大学松林坡

工程和应用物理的研究工作者，也时常由于数学知识的欠缺无法迅速和巧妙地解决遇到的问题。如果一个应用数学家具备了工程、物理和数学三个方面的背景，他在很多方向的研究便会顺畅许多。

四年的大学生活中，冯康一方面在为自己感兴趣的学科孜孜以求；另一方面，也必须要承受抗战时期生活环境的艰苦与困难。

迁往重庆沙坪坝的国立中央大学，虽然暂时避开了抗战的烽火前沿，但学校依然有日寇的飞机来轰炸。许多校舍和课室都是临时搭建的，房顶都是用草铺成的，墙是用竹子编的，在外面涂上泥巴，然后在外层刷上石灰水，而宿舍是大统舱式的，几十个人挤一个房间，那种艰苦的条件今天是无法想象的。

尽管当时生活环境恶劣，但大学生们的精神生活还是很丰富的。其中许多爱国的热血青年，他们求学一方面为了实现自我价值，另一方面是为了救国。同学们看到国家危难，由于落后导致被人欺侮，因此大家都暗暗努力，想要通过自身的学习为中国的进步做出一点贡献。他们通过读书学习科学知识，也通过书籍了解各种文化和文学。与哥哥同样就读于国立中央大学的冯端回忆到：“那时，我们可以看很多的书，南大图书馆的藏书只是一个途径，另外我们可以有很多的‘影印书’也就是当时的‘盗版书’。我们喜欢阅读一些国外英文原著和各种文化和文学类的书籍。”

也许正是那段特殊时期的特别经历，才炼就了冯康这批知识分子坚忍的人生意志和强烈的爱国情怀。

病魔突如其来

1940 年，正当就读中央大学二年级的冯康积极为转系而努力奋斗的时候，突然听到从福建传来父亲去世的消息。这对于从小格外敬重父亲的他来说，是个巨大的打击。父亲辞世的阴霾还未散去，冯康与家人随即又陷入了经济贫困的窘地。

那时大哥冯焕刚刚开始工作，姐姐冯慧随浙大内迁还没有毕业，弟弟冯端正读高中，与母亲留在福建家里。没有了父亲的经济来源，冯家骤然面临着经济的困境。由于当时冯康能从学校获得的助学救济金很少，他只能依靠找点临时工作来补助学习费用的不足。

1941 年 8 月，冯康找到一份在交通部国际报话费核算处当核算员的兼职工作，半工半读。也正是这一年，一种叫作脊椎结核病的病魔突然开始侵入冯康风华正茂的身体。

脊椎结核病约占骨关节结核病总数的一半，是由结核杆菌侵入骨或关节而引起的化脓性破坏性病变。究竟是什么原因引发了冯康突如其来的脊椎结核病症，他本人乃至家人一直都百思不得其解。冯端曾猜测认为，在冯康的成长经



历中有两次跌摔的创伤：一次是在福建邵武时失足落水，跌入溪中；一次是从福州到南平屏的军舰上，从长条凳子上跌下来。这两次跌摔或许为冯康的病症埋下了隐患。

脊椎结核病开始发作时，冯康还在同时修读电机系和物理系的课程。沉重的功课负担、艰苦的生活条件，再加上病痛的折磨，使他的生活一下子跌入了黑暗的谷底。在经济拮据的困境下，冯康没钱看病，无法求医，只能任由病情一日日加剧。那时，冯康的脊椎已经出现了明显的弯曲。

尽管病魔在一天天侵蚀冯康的身体，但他还是以惊人的毅力坚持学习。他不仅在不到两年的时间里修完了所有物理系的课程，还修读了许多数学课程。冯康大学二年级期末才真正从电机系转到物理系。按照学校规定转系后还要再读三年才能毕业。所以，尽管在1943年夏天，冯康已经读完了所有课程，却不能拿到毕业证书，而是要推迟一年才能拿到毕业证书。

在这一年里，由于生活所迫，冯康不得不拖着病躯开始工作。最初他曾和沙坪坝的南开中学联系过，去面试的时候，由于身形驼背而遭到拒绝，这对他的心理造成一定的影响。之后，他在英国教会创办的重庆广益中学当数理教员，半年后又转到重庆兵工学校物理实验室当助教。

冯康患病期间，已经大学毕业并在长汀工作了一年的姐姐冯慧经过万里跋涉，将一直住在福建的母亲和弟弟接到了重庆。她和弟弟搀扶着母亲从福建长汀出发，途经江西、广东、湖南、广西、贵州等省，最后到达重庆，一家人终于团聚。

尽管残酷的病魔恣意折磨着冯康年轻的身体，却没有摧垮冯康顽强追求理想的精神世界。冯康执着于自己所感兴趣的数学世界，并在大量书籍的阅读中完成了知识与人生境界的一次升华。

母亲和弟弟冯端来到重庆后，被安排住在大哥冯焕的宿舍里。那是一个位于沙坪坝镇近郊的一所大院内二楼小房间，距离中央大学松林坡校舍和小龙坎宿舍区都不远。由于家里经济状况不好，还未读大学的弟弟冯端也要出去谋工作。

1942年4月，冯端曾考入位于沙坪坝镇西郊的中央气象局当练习生，负责对各地台站发来的气象资料进行计算加工，为天气预报做准备。7月，他参加中央大学的入学考试，被物理系录取。1942年10月，他与哥哥冯康同时在中央大学学习。

1944年的一天，读大学二年级的冯端突然接到一个电话，告知他哥哥冯康病倒了，无法行走。他连忙赶去冯康工作的重庆兵工学校把哥哥送到歌乐山中央医院检查，诊断结果正是脊椎结核病，要住院治疗。住院需要花很多钱，当时家里的经济条件根本不允许，冯端只好把哥哥接到大哥冯焕在重庆保留的半间房子里修养。

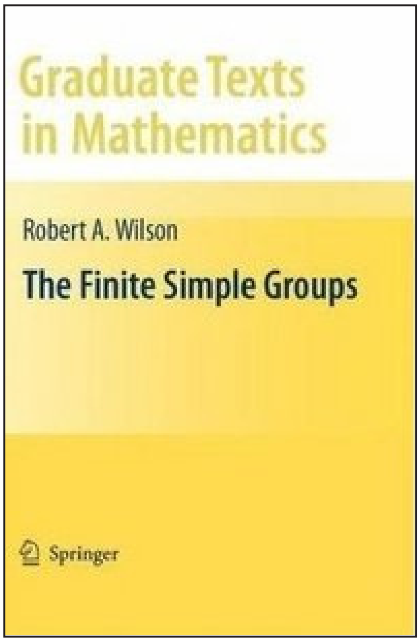
那时，冯康的母亲正在帮刚刚生了孩子的姐姐照看孩子，听到冯康病倒的消息，母亲便赶紧跑去照顾冯康。那段时间，母亲非常辛苦。

冯康在床上躺了一年多的时间，基本上不能动，身上还有一个口子不断地流脓。

1944年5月到1945年9月，在冯康的一生中原本应该是最意气风发的好年华，然而这一年零四个月，却成为冯康一生中最艰难、最痛苦的时期。冯康在病床上度过了如同炼狱般的生活。

冯康后来回忆说：“这一时期因骨结核病经年久患失医，形成残废，同时接连几年痢疾不断，健康情况特别坏……有时觉得前途暗淡。1945年夏，抗战胜利，世界大战结束，我却病势沉重辗转病榻，一方面欢欣鼓舞，一方面因病对自己前途悲观，也怕连累家人成为一辈子的负担，心情很沉重。”

尽管残酷的病魔恣意折磨着冯康年轻的身体，却没有摧垮冯康顽强追求理



黄皮书，冯康自学教材系列中的一本

想的精神世界。冯康执着于自己所感兴趣的数学世界，并在大量书籍的阅读中完成了知识与人生境界的一次升华。

冯端回忆说："这一时期是冯康对数学兴趣最浓的时期，正是这段时期他下定决心要做一个数学家。当时他躺在床上，仍孜孜不倦地学习现代数学的经典著作。我帮他从中央大学图书馆借阅Springer出版的黄皮书，共有十几本，其中有Hausdorff的集合论，Artin的代数学等，此外还有市面上买得到的影印书，如Weyl的"经典群"，Pontryagin的"拓扑群"等。"这样冯康昼夜沉溺其中，乐此不疲，也使他忘却了病痛和周围恶劣的环境，并对他的数学教育起到关键作用。这段时期是冯康毕业后将兴趣及精力从物理转到数学上去的起点。这种在数学上的自由教育（Liberal education），既进一步巩固了他的数学基础，又和当代的新发展前沿衔接起来了，使他对现代数学的领悟又上了一个台阶。"

除了让弟弟帮着从图书馆借阅数学书籍外，一年多的时间里，冯康还阅读了大量的文学著作。他阅读莎士比亚《哈姆雷特》中的诗句与独白，在用英语的大声朗读中获得安慰与鼓励。

"让受伤的鹿去哭泣哀号，无恙的野兔嬉闹玩耍，有的该守夜，有的该睡觉……世道就是如此运转。"

1945年秋天，在没有服用任何药物的情况下，靠着自身抵抗力，冯康化脓的伤口居然奇迹般地自动愈合了。

冯康再次能够站起来，却留下了驼背的终身残疾。



未完待续



本文作者之一汤涛采访冯端院士夫妇时的合影

作者介绍：

汤涛，毕业于北京大学数学系，英国里兹大学应用数学博士。现为香港浸会大学数学讲座教授，曾获第六届冯康科学计算奖。

姚楠，毕业于辽宁大学中文系，香港浸会大学媒体研究硕士，曾任职香港文汇报。现任职于香港浸会大学。

杨蕾，毕业于四川大学数学系，香港科技大学数学博士。现任教于香港浸会大学。



作者介绍：

万精油：本科毕业于四川大学数学系。中国科学院数学研究所硕士，美国马里兰大学数学博士。

业余时间爱好写作。以杂文，记事为主，科普为辅，偶尔也写小说。代表作为科幻小说《墨绿》，获新语丝文学二等奖。因为兴趣广泛，起笔名为万精油。

坐地日行八万里

— 近代数学在航天飞行中的应用

万精油

小时候常常拿着星座图对着天空找星星。浩瀚的太空充满了神秘，令人向往。对大多数爱好科学的青少年来说，星际旅行都是永恒的幻想之一。星球大战的科幻片把这些幻想实现在银幕上。随便一个按钮就是WARP速度，神奇无比。当然，实际的情况并不是那么容易。别说恒星之间的旅行，能游一游太阳系就已经很了不起了。上世纪60年代末美国把人送上了月球，算是迈出了第一步。阿姆斯特朗的名言“一个人的一小步，全人类的一大步”（One small step for a man； one giant leap for mankind.）传遍全球。后来美国又把机器探测器送上了火星。人类开始向更远的地方迈步了。

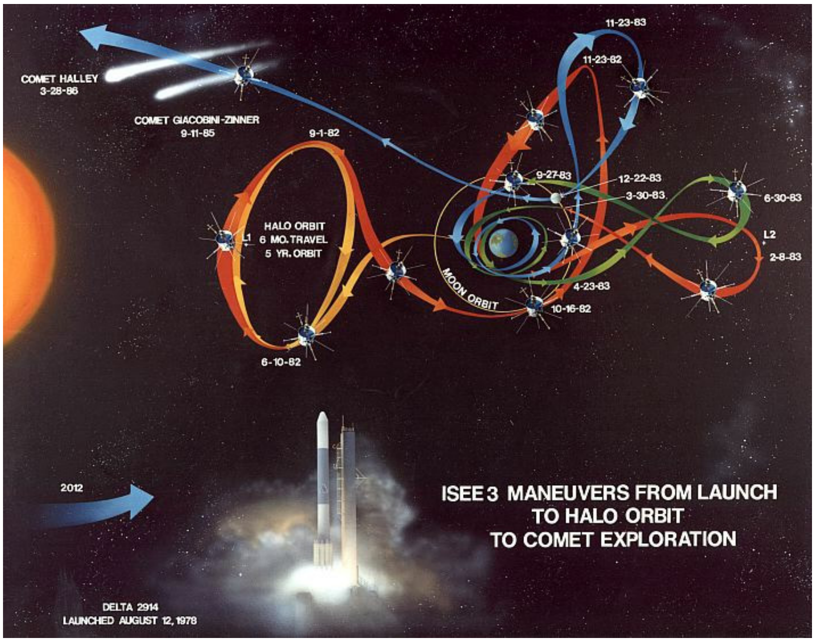
远距离航天的最大问题之一就是燃料问题。这不仅是来回的燃料，有时还有在远处几个星体之间穿行的燃料。比如对木星的观测。木星有好多卫星，其中在一些卫星上发现有水，说不定可以居住。所以对木星的卫星的研究很重要，对它的每一个卫星我们都想观测。从一个卫星到另一个卫星如果完全靠燃料，则需要很多，总不能观测完一个就回地球来加油。木星离我们太远，跑一趟要好几年的时间。如何解决燃料问题就成了太空飞行的当务之急。这本来是一个物理问题，没想到竟然在近代数学的动力体系理论中找到了答案。根据动力体系的理论，太空中各星体产生的重力场在各星体间有“传送带”。从一个星体到另一个星体几乎不需要燃料。靠着引力传送，坐地日行“八万里”。这并不是天方夜谈，而是已经经过实践验证的事实。这篇文章的目的就是要把这个“传送带”的原理作一个简单的介绍。

对于航天飞行，过去人们都单纯地只考虑二体问题。从地球出发，这二体就是飞船和地球。到达月球，这二体



星际之间的高速公路

就是飞船与月球。要从地球到月球，根据二点之间直线距离最短的原则，出了地球轨道就径直向月球飞去。后来考虑三体问题，甚至多体问题，人们意识到我们可以借助太空中星体的引力场来省油，距离最短不见得最省燃料。在现实生活中，我们出门开车，稍微远一点就几乎肯定不会走最短线，而是走高速公路。前面提到的这些传送带就相当于星际之间的高速公路（见上图），而且这些高速公路不仅不收费，连汽油都不用，所以我把它们称为“传送带”。这些“传送带”是怎么形成的呢？

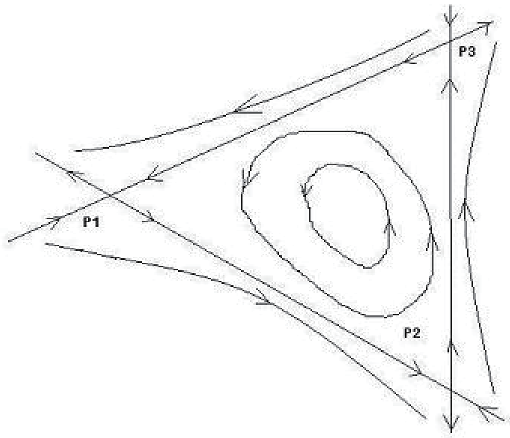


光环轨道

初中物理告诉我们，每个物体都受万有引力作用。我们处在地球，地球的引力最大，一切都只考虑地球的引力。当然，也有受别的引力影响的例子。比如海水的潮汐就受月球引力的影响，而我们地球本身的运行又主要是受太阳引力的影响。各个星体的万有引力在太空中形成一个重力场。每个星体运行几乎完全受这个重力场影响。靠近某个星体，该星体的引力就起主要作用，离它远一点，重力就小一点。现在我们考虑地球重心与月球重心的连线。离地球近的时候地球引力大，离月球近的时候月球引力大。中间必有一点两边重力相等，这一点叫不动点。实际上，由于地球和月球都在动，这一点也在跟着动，只不过相对位置不动而已。我们这里只是在地球重心与月球重心的连线上考虑，放宽到整个三维空间，实际上有一个经过这一点的曲面，这曲面上月球与地球的重力相等。如果飞船在这个曲面上运行，即不会掉向地球，也不会掉向月球。当然，飞船只是在重心连线方向上不受地球和月球的重力影响。在垂直于连线的方向上仍然受其影响。如果它在连线之上，则地球与月球的合力把它向下拉，反之，则向上拉。同样，前后也有这样的影响。似乎是在这个不动点上有一个星体在吸引它做向心运动。事实上，采集太阳风的飞船GENESIS就绕着太阳与地球之间这个质量为零的不动点转了两年多收集各种材料和情报，最后才回到地球。如果没有理论的研究，怎么能想象得出一个飞船会绕着一个空点转圈。飞船成了这个空点的卫星，这个轨道被称为光环轨道。纯粹的理论研究就这样通过天体实践得到了验证，与上世纪初利用日食观测到的星光弯曲来验证相对论一样，令人惊叹。

虽然这个空点有类似于“引力”的作用，但是，与一个有质量的星体不同，这个点它并不是在所有方向上都有“向心”的引力。在重心连线上它实际上相当于有排斥作用。靠地球方的掉向地球，靠月球方的掉向月球。这种同时有吸引和排斥作用的点，有时又被称为鞍点。数学家们对这种鞍点有过很深的研究。由这种鞍点引出来的不变曲线或曲面，在吸引方向上叫稳定流形，在排斥方向上叫不稳定流形。在太空中这些流形的表现行式就是一个个管道。

围绕两个天体与此相似的平衡点还有四个。我们前面讲的是L1，其它点依次被记为L2，L3，L4，L5。有兴趣的读者可以到维基 LAGRANGE POINT 条下读到更多有关它们的特性。一个很重要的发现是，太空中由这些点的稳定与不稳定流形管道组成一个网络。飞船在这些管道中飞行，只需要借助引力而不需要任何燃料就可以从一个点附近飞到另一个点附近。做一些小小的方向操作（用一些燃料），又可以搭上另一个管道去另一个点。这样在太空中



穿行，虽然不一定省时间，但更省燃料。这些平衡点仿佛成了这些高速公路的中转站。

数学家们在研究这些体系的时候，有时为了几何直观或便于讨论，把三维的问题通过一些变换（比如用庞加莱映射）化成两维问题来研究。我们可以用下面这个两维图来解释一下走远路省燃料的问题。假设要想从平衡点P1走到P3，如果走最短直线，则是逆着重力场走，要费很多燃料。如果沿着重力场管道从P1走到P2附近，通过小方向操作，再搭上通往P3的管道，就可以几乎不用燃料从P1到P3了（见上图）。

这套太空管道网络理论不仅仅是纸上谈兵，而是已经被用于实践。上世纪90年代初，日本曾送出两个飞船去观测月球。原定计划是A飞船留在地球轨道上作信号传递工作，B飞船去月球轨道。但由于技术问题，B飞船没能进入月球轨道。如果直接从地球轨道送A飞船去月球轨道，A飞船燃料不够。于是JPL实验室的人为A飞船设计了一条利用管道网络走远路去月球的方案，成功地把A飞船送到了月球轨道，使日本成了全球第三个把飞船送到月球轨道的国家。

目前，美国正在设计一个在木星各卫星之间利用管道穿行的方案，从而使飞船不用返回地球加燃料，直接在木星各卫星之间跳来跳去做观测。

中国的神舟七号已经上天了，以后还会有八号，九号。还会去月球，去火星，木星。这方面的研究人员可以大派用场。有志青年可以在这方面多做研究，把飞船送向太空深处，实现“巡天遥看一千河”的梦想。

万精油——二零零九年十月三十一日于波士顿

数学史上的一桩错案

万精油

从前教微积分时感觉最难过的关就是极限的概念。反反复复许多遍很多学生仍然是不得要领。有关极限的题目当然大多数人都不会做。偶尔不小心做对了也是因为考试前刚好复习过同样的题目。概念上是绝对没有搞清楚的。大多数学生见到极限的题目就头痛。一直到下半学期讲到罗毕塔法则，学生们高呼救星到了。甚至埋怨我为什么有这么省事的公式不早点教，害得他们辛苦大半学期。没有极限概念哪里来的导数，没有导数又怎样用罗毕塔法则。这中间的道理学生们是不会去管它的。总之有好公式不用就是老师坑人。几学期微积分学下来，大多数定理概念都已经还给了老师，但罗毕塔法则是一定记得住的。这是他们最喜欢的公式。而且把它当作仙丹妙药，该用不该用的地方都乱用一气。

罗毕塔法则对许多极限问题确实很有效。不过很奇怪的是，历史上其它的数学家：高斯、欧拉、莱布尼兹、黎曼等等在数学的各个领域都留下了他们的名字。唯有这罗毕塔就只有孤伶伶的这么一个定理。能搞出这么重要的一种算法，怎么能在其它方面没有丝毫建树呢？原来，罗毕塔并不是什么大数学家。这所谓的罗毕塔法则也不是他搞出来的，而是他花钱买来的。


罗毕塔

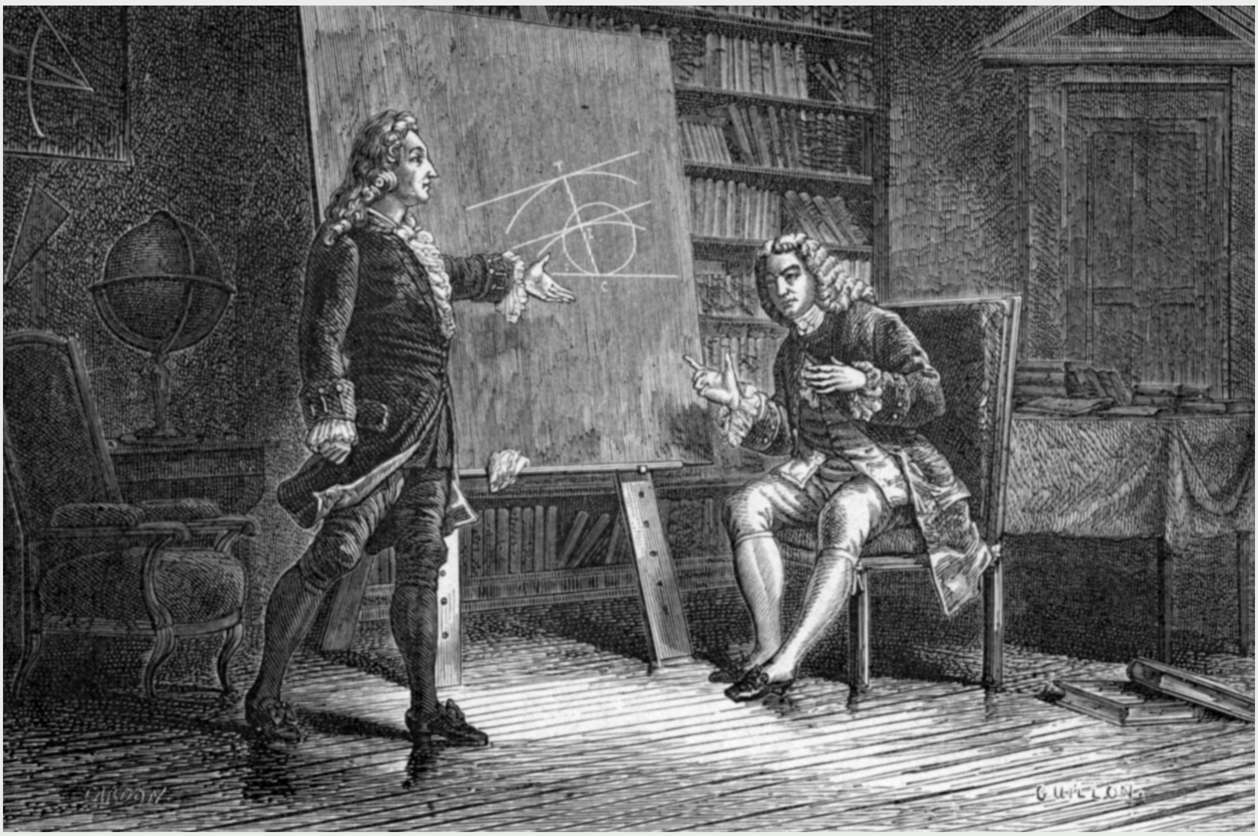
罗毕塔是一个贵族，业余时间喜欢搞一些数学，几乎到了上瘾的地步。甚至不惜花重金请当时的大数学家贝努利兄弟给他长期辅导。可惜他的才气远远不如他的财气。虽然十分用功，但他在数学上仍然没有什么建树。贝努利兄弟当时正与莱布尼兹这样的大数学家交流合作，又正赶上微积分的初创时期，所以总有最新成果教给罗毕塔。这些最新成果严重地打击了他的自信心。一些他自己感到很得意，废寝忘食搞出来的结果，与贝努利兄弟教给他的最新结果比起来只能算是一些简单练习题，没有丝毫创意。另一方面，这些新结果又更激起了他对数学的着迷。他继续请贝努利兄弟辅导。甚至当他们离开巴黎回到瑞士以后，他还继续通过通信方式请他们辅导。如此持续了一段时间，他的“练习题”中仍没有什么可以发表扬名的东西。他内心深处越来越丧气，却又不甘心。心想，我对数学如此热心，一定要想办法在数学上留下一点东西让人记住我的名字。终于有一天，他给贝努利兄弟之一的约翰写了一封信，信中说：

“很清楚，我们互相都有对方所需要的东西。我能在财力上帮助你，你能在才智上帮助我。因此我提议我们做如下交易：我今年给你三百个里弗尔（注：一里弗尔相当于一磅银子）。并且外加

两百个里弗尔作为以前你给我寄的资料的报答。这个数量以后还会增加。作为回报，我要求你从现在起定期抽出时间来研究一些固定问题，并把一切新发现告诉我。并且，这些结果不能告诉任何别的人，更不能寄给别人或发表……”

约翰收到这封信开始感到很吃惊。但这三百里弗尔确实很吸引人。他当时刚结婚，正是需要用钱的时候。而且帮助罗毕塔，还可以增加打入上流社会的机会。约翰想，罗毕塔最多不过就是拿这些结果到他的朋友那里去显示一下，没什么大不了的。算盘打下来，这笔交易还是比较划算的。于是，他定期给罗毕塔寄去一些研究结果，罗毕塔都细心地研究它们，并把它们整理起来。一年后，罗毕塔出了一本书，题目叫《无穷小量分析》（就是现在的微积分）。其中除了他的“练习题”外，大多数重要结果都是从约翰寄来的那些资料中整理出来的。他还用了一些莱布尼兹的结果。他很聪明地在前言中写到：我书中的许多结果都得益于约翰•贝努利和莱布尼兹，如果他们要来认领这本书里的任何一个结果，我都悉听尊便。贝努利拿了人家的钱当然不好意思再出来认领这些定理。这书中就包括了现在的学生们最喜爱的定理罗毕塔法则。贝努利眼睁睁看着自己的结果被别人用却因与人有约在先而说不出来。罗毕塔花钱买了个青史留名，这比后来的人花钱到克莱敦大学买个学位划算多了。

当然贝努利不愿就此罢了。罗毕塔死后他就把那封信拿了出来，企图重认那越来越重要的罗毕塔法则。现在大多数人都承认这个定理是他先证明的了。可是人们心中先入为主的定理名字恐怕是再也变不回来了。



贝努利兄弟



作者介绍

李尚志，1947 年 6 月 29 日出生于四川内江市。北京航空航天大学数学与系统科学学院学术委员会主任，教授，博士生导师。

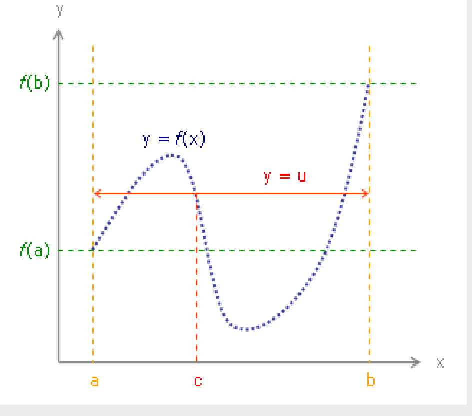
1970 年在中国科学技术大学数学系毕业。1982 年获理学博士学位，是我国自己培养的首批 18 名博士之一。1999 年获宝钢教育基金优秀教师特等奖，得票率在获特等奖的所有获奖者中排名第一。2003 年 9 月获教育部授予的“国家级教学名师奖”，是全国获该奖项的首届 100 名获奖者之一。曾应邀到全国 150 多所高校讲学介绍教学改革和精品课程建设的经验，产生了很大影响。

数学聊斋连载

峨眉山的佛光
—— 连续函数介值定理

到峨眉山旅游，最重要的莫过于到舍身崖看佛光。1984 年 8 月，我第一次上峨眉山。到达山顶时将近中午。安顿好住处就直奔舍身崖，希望能等着看佛光。天上艳阳高照，舍身崖下面是万丈深渊，山腰白云缭绕。如果云的高度合适，太阳以合适的角度照到云上，就会产生彩色光环，自己的人影还会投到光环中间，这就是佛光。那时舍身崖还没有什么游客，只有一名摄影师在那里等生意。我问摄影师：“今天能看到佛光吗？”摄影师答：“不能。已经有一个星期没有出现佛光了。”他还进一步解释道：“你看，山腰的云层太矮。所以今天不会有佛光。云如果太高，也不会有佛光。云的高度不高不矮正合适，才会有佛光。要想不高不矮正合适，这样的机会很难碰上。所以只有运气最好的人才能看到佛光。”我观察了一会儿，发现山腰的云层在一阵一阵往上涌。就问摄影师：“你看：开始的时候云层太矮。但是云层在往上涌，越涌越高。会不会涌到后来又太高了呢？在太矮和太高之间总有一个时候的高度恰到好处吧，那个时候不是就应当出现佛光了吗？”摄影师没想到我发此怪问，无话可答。

他当然不知道，我在问这个问题的时候心里想的是高等数学中的连续函数介质定理：一个连续函数如果在某一点的值小于零，另一点的值大于零，从小于零到大于零过渡的过程中必然有一点的值等于零。我虽然靠这个定理把摄影师说得哑口无言，但心里也知道这个定理未必能让佛光出现，在悬崖边看了一会儿便打道回府，回住处去休息。还没有走到住处，就听见舍身崖那边传来人群的叫喊声：“快来看佛光呀！”转身一看，舍身崖边已挤满了人。我赶快返回，好不容易挤到崖边。趴在地上将头伸到外边往悬崖下看。山底的云层往上涌，涌到一定高度时就出现了彩色光环——佛光。随着云层继续升高，佛光消失了。再升高，这一堆云便散去不见了。山底又涌起新的一团云，升到一定高度再出现佛光。这个过程循环往复，我们便一次又



连续函数介值定理示意图

一次看见佛光，好像是一次又一次观摩连续函数介质定理的教学片。一直观摩了三个多钟头，到下午四点左右才“下课”。

峨眉山云层的涌动是连续的，所以介值定理成立。黄山则不然：你刚才还看到山谷中充满了云雾，一瞬间云雾就消失得无影无踪，简直看不出有中间过程，接近于“阶梯函数”，这样的函数可以从大于零直接降到小于零而不必经过零值。



和介值定理相关的中值定理在北京珠市口的桥上

后记：坐飞机看佛光

以上文字在 2002 年写成文章发表在网上。2004 年暑假的一天早上，我坐飞机从南方飞往北京，正好坐在左边靠窗的座位。往窗外一看，飞机离云层不太高，飞机下高低不平的云朵，好象一座座山峰在飞机下移动。早晨的阳光从东方照过来，将飞机的影子投射在云层上，缓慢地向北移动。这时，我突然想起峨嵋山的佛光。既然云层离飞机的高度随着飞机的移动不断变化，会不会在某个时刻云层离飞机的高度恰到好处，在云层上出现佛光呢？观察了一会儿，果然在云层上出现了一个不大的彩色光环，将飞机的影子围在中间。后来我与很多人谈起过佛光的事情，至少遇到三个人说他们坐飞机的时候看见过云层上的光环，但是他们都不知道峨嵋山的佛光，因此也不知道飞机上看见的这个现象与峨嵋山的佛光其实是同一回事。

《指鹿为马》之幼儿版

——纠错码

最近读到一则笑话：

某人向客人夸耀自己的儿子博比特别聪明：“他只有两岁，就认识所有的动物了。”并让儿子在客人面前表演。客人翻开一本动物画册，指着一张长颈鹿的画片问：“这是什么？”答：“马马。”又指了一张老虎的画片，又答：“猫咪。”然后指了狮子的照片，博比说：“狗狗。”又指了黑猩猩的画片，博比说：“爸爸。”

这则笑话的题目叫做《聪明的博比》。读了之后，发笑之余，你觉得博比聪明吗？假如你是考官，在这场辨认动物的考试中，你给博比多少分？

博比将所问的四种动物都答错了，按照我们通行的考试标准，只能得零分。但这只能说明他不认识这四种动物，却不能说明他不聪明。两岁的幼儿怎能认识所有的动物呢？他认识马、猫、狗、爸爸（人）这些在日常生活中常见的动物，不认识长颈鹿、老虎、狮子、猩猩这些在日常生活中少见的动物。他不认识长颈鹿，却能在认识的动物中找到一种最接近长颈鹿的，这就是马。对他不认识的老虎、狮子、猩猩，他也都能在认识的动物中分别找到最接近的猫、狗、爸爸来作为答案。这难道不是很聪明的吗？

实际上，博比采用的就是现代纠错码的原理。我们现在常采用由 0，1 组成的序列来传递信息。但是，传递过程中可能出错，比如序列中某一位本来是 0，传递过程中变成了 1，整个信息就错了。问题是：接收信息的一方怎么能知道收到的序列是否有错？如果有错，怎样纠正？

假如序列中某一位本应是 0，却变成了 1，成为另一个序列。如果这个已经错了的序列代表了另一个信息，那么接收方就无法知道这个序列是否发生了错误，而会将它误译为另一个信息。可以假定错误是不多的，比如假定在 10 位中最多可能错一位。但必须让它错了一位之后就不代表任何信息，这才知道出现了错误。具体来说：由 10 位 0，1 数字总共可能组成 210=1024 种不同的序列。如果将这 1024 个不同的序列全部用来传递信息，那就不能发现错误了。只能将其中一部分序列作为传递信息的合法序

列，其余的都是非法的序列。而且选择合法的序列使它们每两个之间至少有三位数字不相同。这样，如果接收到的序列不是合法序列，就可能断定是在传递过程中发生了错误。怎样进行纠正？向聪明的博比学习—将这个非法序列修改一位，纠正为一个与之最接近的合法序列！就好象博比将“非法动物”（他不认识的）长颈鹿纠正为“合法动物”（他所认识的）马。

不妨说：纠错码的原理就是“指鹿为马”。发出的信息只能是“马”而不能是“鹿”，如果你收到的是“鹿”，那就是错了，要将它纠正为“马”！

后记：吴文俊问聊斋

2003年下半年，在武汉大学开中国数学会全国代表大会。来到会场，看见吴文俊院士坐在会议厅外的一张沙发上，乐呵呵地接受一位又一位会议代表的问候。我也过去向吴老问好。他对我的问候没有马上反映，似乎在努力回忆什么事情。我想他大概记不起我是谁了，在努力回忆。我就将自己佩带的胸牌显示给他看，自我介绍说：“我是中国科大的李尚志。你到科大开会时是我陪你到西区参观加速器。”他又想了一会儿，突然冒出一句话来：“你有两篇文章我很喜欢，就是想不起是在哪里看见的了。”这个回答让我吃了一惊：吴老的记性可真好，不是想不起我，而是熟悉得很，连我写的文章都注意到了。我问他喜欢的是我的哪两篇文章。他说有一篇是“指鹿为马”。于是我知道他说的就是数学聊斋二则，其中第二则是《指鹿为马之幼儿版—纠错玛》，是借用从《读者》上看来的一个两岁小孩将长颈鹿指认为马的笑话来解释纠错码的原理。后来我上课讲编码理论，甚至讲抽象代数，都从这个笑话开始讲，学生在捧腹大笑之后自然而然就体会到了纠错码的基本想法。我很高兴自己写的这个小文章能够得到吴老的欣赏，不过也猜不出来吴老从哪里看到的这两篇文章。他说他不是从网上看来的，而是从书里看来的，记不清楚什么书了。我的这两篇文章在教学指导委员会办的《大学数学》发表过，后来我问了负责具体编辑这个刊物的老师，他告诉我，当时将这个刊物寄给很多知名数学家了，其中也包括吴文俊。

在这里讲这个故事，并不是想说明我的文章如何好，



吴文俊和袁隆平获得第一届（2000年）国家最高科学技术奖

而是说明吴老如何平易近人。我第一次见吴老是办理通过百人计划引进胡森老师的事情。胡森以前是吴文俊的硕士生，他将吴文俊家的电话告诉我，我到吴老家去面谈。我第一次给吴老打电话，让他将他家的小区名称、楼号、房间号告诉我，约定好时间我去见他。他在电话里非常详细地讲如何到他家去：从哪里进小区，看见什么风景，到第几栋楼转弯，哪里再转弯，哪里上楼，第几间房间，……，详细得就好像编写计算机程序一样。我听见电话里有人对他说：“你讲这么多干什么嘛？”吴老回答说：“我不讲清楚人家怎么找得到嘛？”吴老是全国知名的大人物，以前也并不认识我，能为我想得这么周到，我当时心里特感动。其实，吴老这种态度并非针对我，而是对所有的人都一样的平等相待，一样地为他人着想。我按照他给的“程序”照章执行，毫不费力就找到了他住的小区，找到了他的房间，就是2008年过年胡锦涛去看望他的那个书房，柜子里、桌子上堆满了书的那个书房。我临走时他还一定要送我下楼，我坚持说你是老前辈，保重身体，不要下楼吧。（他住的是老式的房子，下楼还没有电梯）。

现在，如果有谁到我家来，我都要在电话里把来我家的路线的“程序”详细告诉他，还将所编写的“程序”存到手机里，用手机短信发给来人。从来没有来过我家的，也大多能顺利地找到。最初有少数人走错了，我就将“程序”语句作了修改，以预防类似的错误再次发生。有一位老同学还总结出我家那栋的坐标是(3,3)，我说不对，是从小区入口往西往南的，应当是（-3，-3）。

连载待续

后面就是秘密！
——密码漫谈

罗懋康

一大早就给床头柜上的手机闹醒。睡眼惺忪中抓起手机，摇摇头让自己清醒一些，看到底是哪个这么不知趣，太阳还没照到窗户呢，就把人吵醒，还让不让人活了！

定睛一看，一个激灵：老板催报告了！

胡乱塞了点东西到嘴里，匆匆出门，倒也还没忘将钥匙在门锁上反拧两圈。

离汽车还老远，按下车门遥控钥匙上的按钮，电磁波一下窜了出去，“咔嗒”一声轻响，打开了车门。

手中扭动点火钥匙，心里却在默念银行卡的密码——女儿早就想要的那个生日礼物只能用现金支付，待会儿还得去取款。

到了办公室，在脑中将老婆的生日排成标准 6 位数表示，逐一按下门外新装的数字密码锁按钮。

把自己沉重地扔进转椅，随手动了一下鼠标，计算机屏幕由黑变亮，却冷漠而有礼貌地要求先输入密码。暗骂一句“Shit!”——这词发音短促有力，很适宜用来发泄不大不小的郁闷——心想得赶紧装个指纹开机的玩意了，然后喃喃背诵一段名人格言，用笔杆把字头逐一戳入密码框，最后才“啪”的一声砸下回车键，总算打开了屏幕。



图 1. 密码门锁

或许你没有意识到，在一天的开头就这么半个多小时的时间里，一个都市人在意识和行为上已经不可避免地与密码至少打了 9 次交道：打进来的电话是手机基站以扩频伪码序列加密后传递过来的，回答出去的话音也一样；反拧的门锁钥匙是密码的一种等效实现形式；手中汽车门锁钥匙发出的电磁波更是加了密的；点火开关钥匙与密码的关系跟房门钥匙一样；要去银行或 ATM 机上取款，还得输入密码；办公室门锁更是以密码开闭；计算机的屏幕保护得用密码打开，要不就用指纹、眼底视网膜之类的密码等价形式来打开。

可以说，现代社会中的人，特别是都市中人，很难有哪一天能完全脱离开密码的影响，更不用说团体、机构、公司、银行、军队、国家等等利益远更重大的群体了。

不过，密码这玩意儿既没法离开，却又老是听说密码被盗、被破之类令人郁闷的事，弄得来不用不行，用又不放心，干脆，横下一条心，花上点时间，来看看——

1. 密码到底是个什么东西？

密码这个词，现代都市人已经是没几个不能随手举它十个八个应用例子的了；可真要比较全面、系统地说清楚密码到底是什么、干什么的，一时半会儿还真未必是一件容易事，至少不比试图通过拆解十把八把机械锁、电子锁来自制一把万能钥匙更容易。

试着回想一下我们在生活中遇到、使用密码的情形，我们首先对“密码”或“加密”、“解密”的概念给出一个通俗的界定：密码操作（或更一般的：信息加密）的本质，就是改变信息的表现方式使其令旁人难以理解的可逆过程。

第一个可能让人想到的问题是：干吗不直接就用保险箱——或者，微型保险箱？

可问题是：且不说体积问题，也暂且不考虑保险箱被 X

光透视内部结构打开甚至直接被大锤砸开、被乙炔焰割开的可能，就仅仅是一个重量问题，就没法让人忍受——总不能让人成天扛着一个上百斤的保险箱到处乱跑吧？



图 2. 微型保险箱——密码筒

OK，我们有“微型保险箱”，比如电影《达芬奇密码》中就展示过的密码筒，这种密码筒在历史上也真实存在过；但是，且不说密码筒作为容器的易损性，更关键的是，它能容纳的是载有信息的具体形态的物质，但我们需要的却仅仅是其中包含的信息而非这些物质本身；而可以选择的信息载体形式却远非物质形态这一个大类而已，比如，能量。它能收纳能量么？

更何况，别看说得那么玄，事实上可以看出：这个密码筒是可以“盲开”的！

只不过一到“以能量传输信息”，就难以避免被人中途截获；因此，将信息先行改变表现形态然后再传输，使得即使中途被他人截获，却也难以理解其中含义，这显然是一个效费比几乎最高的办法。

这就是密码（加密、解密）重大而独特的功用。

密码这种隐匿方式假定的是：就算你发现了已被加密的信息（现代密码学甚至假定你知道了加密操作的方式——加密算法），知道这里面有秘密，但在缺少密码的情况下，你仍然没法知道这些秘密是什么。

因此，我们可以给出**密码操作的几个基本要素**：

1. **明文**——不希望被未经允许的人看到的信息，可以是文字、符号、图形、图像、数据等等任何表现形式所包含的信息，相当于希望锁在保险柜里的东西；

2. **加密**——对明文的信息或搭载信息的信号进行处理，使其变得难以判读的操作过程，在现代技术条件下大多数就是某种算法，相当于将东西装进保险箱并按确定方式和步骤锁闭保险箱的过程；

3. **密钥**——加密时为保证信息只能被经过允许的人还原而设定的特定信息或信息载体，由允许的人持有，相当于打开保险箱的钥匙或在保险箱密码键盘上输入的密码；

4. **密文**——明文经过加密后所呈现的信息、信号表现形式，相当于装好东西已经锁闭的保险箱；

5. **解密**——使持有密钥的人，能通过密钥信息的输入，将已被加密的信息进行还原的方式和步骤，相当于在保险箱上插入钥匙或输入密码后打开保险箱的过程。

不过，这里要注意的是：对于任何一种加密方式来说，密钥并不是与加密方式相独立的一个要素，事实上，密钥只是这种加密方式中一些具有特定格式、可以单独改变的操作量而已；当这些操作量改变时，对信息的具体加密方式也就改变了。

我们可以用通常机械锁的结构和原理来说明：一种锁就相当于一种加密方式；如果为了使得不同使用者不能对这些锁互开，便对每个使用者都全新设计不同作用原理的锁，那任何一家锁厂干不了几天就都得关门，哪怕老板是比尔•盖茨。

因此，除了古代的锁或现代极少数特种用途的锁以外，几乎所有的机械锁无不采用“除了以吻合方式辨别特定形状钥匙的凹凸组合部分外，其余部分都相同”的通行设计方式；换成现在更一般、更流行的句式来说，就是“将识别功能和执行功能模块化”的方式。



图 3. 弹子机械锁原理及其锁芯构造

这样，锁具设计师和锁厂就可以对同一种设计，大量生产各把锁之间仅仅是锁芯中用于识别钥匙形状的弹子长度组合不同、其余所有结构都完全相同的锁具，使得不同的人买到的同一品牌、同一型号的锁，不但能保证相同的锁闭作用，

而且还由于锁芯中弹子的长度组合不同，因而所能辨别的钥匙也不同，因而不能互开。

由此可见，锁作为一个加密方式（系统），钥匙上按照锁芯的结构形式而确定的位置上的各凹凸变化点的凹凸组合，就是这个加密形式（系统）中可以改变的操作量，也就是密钥，而钥匙不过是这个密钥的物质载体而已。

因此，正如机械锁的情况一样（事实上电子锁也本质上相同），在信息加密技术中，将加密方式（系统）中一些操作量抽出来作为密钥这种做法的目的，就是使得一种加密方式能被多个持有不同密钥的人使用，但每个密钥持有人却只能解开那些以自己持有的密钥为操作量进行加密的信息；而且，这也使得同样的加密方式能在一段时间以后，仅仅需要更换密钥便可使得持有此前密钥的人不再能解密；还而且，由于密钥可由操作者自主设定，显然能使操作者对加密安全性的信心大为增强（试想想：假如钥匙的具体样式能由自己而非任何他人来任意确定，那这把锁的使用该是多么令人放心的事！）。

因此，当由于技术可行性原因或由于需求必要性原因使得这些操作量被固定在加密方式中时，密钥也就不存在了，例如人们通常使用的暗中约定的暗号。

所以，一般而言，密钥并非加密的必需，而只是对加密功能、性能的增强。

当然，对信息还有另一种隐匿的方式，那就是干脆将这些信息隐藏、隐蔽起来，压根不让别人知道有这些信息的存在。比如，以暗室技术将情报缩微成通常信件中的一个标点符号、以密写药水书写情报以及现在将信息隐藏在音乐、图片中等等。

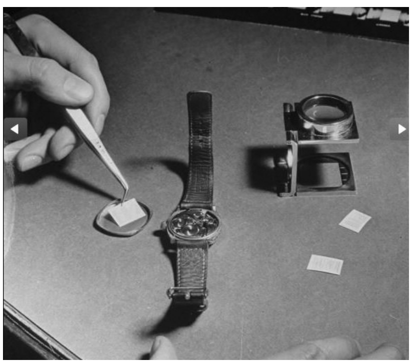


图 4. 间谍在手表中隐藏缩微胶片

当然，大多数这类信息隐藏的方式都是直接将信息载体本身隐藏起来，比如特工将秘密文件藏在树洞里、《三国演义》中汉献帝将血书缝在玉带内让国舅董承带出宫外，等等。

这类方式，称为“信息隐藏”，不属于我们今天讨论的“密码”或“加密”的范围。

如果你还不放心，也大可先将信息加密，然后将加密后的信息再隐藏起来，便如将装有东西的保险箱再伪装成墙板、画框之类日常物品一样。

2. 很早很早以前

远古时代，一片湿地边上，两个部落的战士正围着兽皮裙、拎着大头棒，在各自头人的率领下怒目瞪视，而两边的头人，则正在伊里哇啦地争吵、威胁，要求对方退让出这片湿地——要知道，湿地可是狩猎取食维系生存的根本所在，有些类似于现在的中东石油产地。

突然，这边的头人高举手中的石斧，在空中划了两个圆圈。由于这个动作对于对方部落的人来说，既不属当时的“外族语言”、“部际语言”，又不属自己的“部落语言”，对方部落众人自然一阵莫名其妙。可战争却容不得犹豫，只一瞬间，石块和石矛已如雨点也似地从背后和两侧飞到头上。

其后的情形可想而知，自然便是后来数千年战场上不断上演的“兵败如山倒”的场面。

原来，这边的头人已经先安排了埋伏，并且，给埋伏的战士规定了“我一举起石斧划圈，你们就扔石块、石矛，接着就冲锋”的暗号。

这种暗号，除了“密钥”的功能不那么明显以外（类似于后来至今仍在采用的也是可靠性最高的“一次一密”加密方式），已经具备了前面所述的“密码”的各个基本要素。

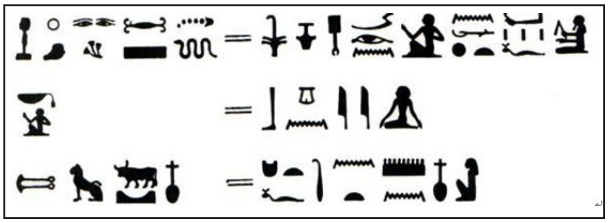


图 5. 古埃及象形文字密码：明文及对应的变体文字





图 6. 古埃及泥板文书

当然，远古时代这个依靠密码赢得战争胜利的战例是不会记入密码史的；唯一见诸记载的人类最早的密码（密文）雏形，是公元前 1900 年，古埃及一个书写员在一个描述他主人迦南•侯伯特二世的生平事迹的铭文中，使用了象形文字间的替代方法，使铭文变得难以理解和辨认。

不过，密码史上似乎并未对这个书写员的创举给予足够的肯定，原因是这段铭文的书写方式不完全符合密码的基本要义：尽可能不让未经授权的人理解；而是仍然希望后人读懂，只不过要制造一些可以克服的困难从而让后人产生神秘感和敬畏感罢了。

这样一来，中国就成了标准意义上最早发明密码的国家了：公元前 7 世纪年至公元前 4 世纪之间，也就是《孙子兵法》成书（公元前 5 世纪）的前后，有一本伪托姜太公吕望所著、后世在中国的声名与《孙子兵法》不遑多让的兵书出现，这就是《六韬》。

《六韬》中记载了殷商之际（公元前 1046 年前后）西周的姜子牙发明了最早的军队秘密通讯密码——阴符。



图 7.《六韬》竹简

武王问太公曰：“引兵深入诸侯之地，三军卒有缓急，或利或害。吾将以近通远，从中应外，以给三军之用，为之奈何？”

太公曰：“主与将有阴符凡八等：有大胜克敌之符，长一尺；破军擒将之符，长九寸；……。诸奉使行符，稽留者，若符事泄，闻者、告者皆诛之。八符者，主将秘闻。所以阴通言语不泄中外相知之术，敌虽圣智，莫之能识。”——《六韬•龙韬•阴符第二十四》

这里的意思是：按照只有我方知道的方式，以不同长度的竹片代表不同的军事用语，从而起到军事秘密通讯的作用。

由此可见阴符是一种替代密码，即对将要加密的信息以一定的方式进行分割，再对每一部分以我方特别指定的信息替代，然后保存或传递。

不过，阴符虽有其简便保密的特点，但毕竟仅仅是密码的“初级阶段”，过于简单，无法满足复杂的战场环境下军事通讯的需求。因此，姜子牙又创造出一种新的秘密通讯方法，即“阴书”。这仍然载于《六韬》之中：

武王问太公曰：“引兵深入诸侯之地，主将欲合兵，行无穷之变，图不测之利。其事繁多，符不能明，相去辽远，言语不通，为之奈何？”

太公曰：“诸有阴事大虑，当用书，不用符。主以书遗将，将以书问主。书皆一合而再离，三发而一知。再离者，分书为三部。三发而一知者，言三人，人操一分，相参而不知情也。此谓阴书。敌虽圣智，莫之能识。”——《六韬•龙韬•阴书》

这意思是说：如果有秘密而复杂的大事，则用“阴书”这种秘密军事文书，而不是用“阴符”这种简单的符号系统。



图 8. 天书

方法是：先把所要传递的机密内容完整地写在一编竹简或木简上，然后将这篇竹简或木简拆开、打乱，分成三份，即“一合而再离”；然后派三名信使各持一份，这样他们互相都不能知道具体的内容；让他们都送到同一个目的地，收件人再把三份“阴书”按顺序拼合起来，内容便一目了然了，即“三发而一知”。

可见阴书具有类似于移位密码的特性，即将原有信息的排列方式以我方特定的方式打乱，以让敌方即使截获也不能理解。

由于是分散传送，因而对于敌方截获的可能性而言，阴书的保密性不错。当然，对于我方接收的完整性而言，可靠性也就差些。

然后才是大约公元前 4 世纪时古希腊人发明的一种称为“天书”（skytale）的密码通信：发信人和收信人各持一根形状相同的特别圆棍，发信人将一张羊皮纸螺旋卷绕在他的圆棍上，然后写上情报；当取下羊皮纸时，由于先前的书写相当于每隔圆棍圆截面周长的距离写一个字母、再如此周而复始地写满所有空隙，因此这时展开的羊皮纸上就全是排列混乱不堪的字母了。信送到后，收信人将这些羊皮纸卷到同样的圆棍上，便可重新读出内容；而若没有同样的圆棍，即使卷起来也得不到原来同样的排列顺序，从而读不出原有的内容。

这显然仍是一种移位密码。



图 9. 恺撒征服高卢后凯旋

公元前 405 年，雅典和斯巴达之间的伯罗奔尼撒战争期间，斯巴达军队捕获了一名从波斯帝国回雅典送信的雅典信使，他身上除了一条布满杂乱无章的希腊字母的普通腰带外，没有任何情报。斯巴达军队统帅莱桑德研究了这些字母，最后通过在剑鞘上卷绕腰带读出了这些字母原来组成的文字——一份波斯告诉雅典他们将对斯巴达军队突袭的情报。实际上，这就是一条“天书”密文。莱桑德立即改变作战计划，回师攻击毫无防备的波斯军队，将其一举击溃。

公元前 58 年，罗马“前三巨头”之一的恺撒（Gaius Julius Caesar，公元前 102 ～ 前 44 年）发动了对高卢地区（高卢，法语：Gaule；拉丁语：Gallia；指现今西欧的法国、比利时、意大利北部、荷兰南部、瑞士西部和德国莱茵河西岸的一带）长达 8 年的征服战争，恺撒为此撰写了描述这场战争的《高卢战记》，共七卷，每年内容一卷。

恺撒在《高卢战记》中记述了他如何将密信发送给手下的事，但没有提到密码细节。好在二百余年后，苏托尼厄斯在其撰写的《恺撒传》中说明了这种密码，这就是密码史上著名的“恺撒密码”。



图 10.《高卢战记》12 世纪抄本和 18 世纪印刷版本

凯撒密码将字符表中每个明文字符都由其右边第 3 个字符代替，到结尾则接上字符表的开头进行循环：

移位前字符表：A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

移位后字符表：D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z A B C

因此这是一种简单的跨度为 3、循环周期为字符表长度的循环移位；但其开启了替代密码的先河（虽然实际上它同时也是移位密码），因而后世将凡是依某种自然的顺序进行替换的密码都称为恺撒密码。

不过，别看现在这种密码显得简单、不难破译，意大利黑手党“教父中的教父”贝尔纳多 • 普罗文扎诺在逃亡 43 年后于 2006 年 4 月 11 日落网时，从搜出的一些纸条看，他在 2002 年之前使用的都是一种与恺撒密码相似的密码，此后才因一个手下的被捕而改变了加密方式；而在他被捕的农舍中搜到的一本标有很多符号字句的《圣经》，则很可能就包含有他的新密码表，只不过一直未能破译。而且，更麻烦的是，从搜到的纸条中警方破译出一条信息：他早已用先前那种旧的密码指定了一位新教父，而这位新教父可是一个电脑高手！

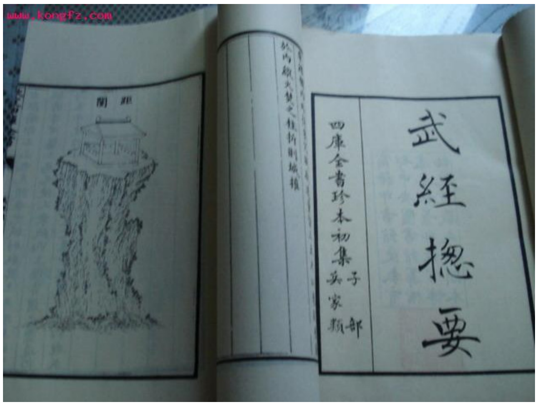


图 11.《武经总要》

古代中国的军事家们似乎更喜欢类似“一次一密”的替代密码。例如，北宋仁忠时任至宰相的曾公亮，在其修撰的军事技术百科全书《武经总要》中，就提出了一种很可能是世界上保存至今最早的军用替代密码表.

他将搜集整理而得的当时军中常用的 40 个短语，以不同顺序进行排序，每一种排序构成一个不同的密码本。当部将出征时，主将发给部将一个密码本，不同部将或不同时期可用不同的密码本；然后对每个部将约好分别用某一首没有重复字的五言律诗，作为密钥。



图 12.《武经总要》中的三弓床弩图

如某部将在前线需要增拨弓、箭了，则从其持有的密码本中查出“请弓”为 1 号短语、“请箭”为 2 号短语，然后在主将与自己约定的五言诗如杜甫的《春望》中，找出第一、二字分别为“国”和“破”；然后再拟一公文，文中混编入“国”、“破”两字，并在其上加盖自己的印章以示这两个字就是密文。主将收到公文后，将其中标示的密文与《春望》和发给该部将的密码本相对照，即可得知其含义。

这个加密系统中，密码本，即以 40 个数字替代 40 个短语的方式，是可以更换的；密钥，即没有重复字的五言律诗，也是可以更换的；这就构成了一个完整的密码系统。

3. 要的就是让你头痛——古典时代的密码

按照我们在第 1 节中的介绍，我们已经知道，密码的本质可以如下描述：

假设：

P 为作为明文的信息集合；

K 为作为密钥的信息集合；

S 为作为密文的信息集合；

$\mathscr{F}$ 为作为加密方式的将两个信息集合映为另外一个信息集合的变换，$\mathscr{F}^{-1}$ 为其逆变换；

则加密、解密过程可以表示如下：

加密： $\mathscr{F}(P,K)=S$；

解密： $\mathscr{F}^{-1}(S,K)=P$。

这么说起来虽然略嫌抽象了一点，但却能将密码或加密、解密的本质可靠地概括、提炼出来。

为了有个比较具体、形象的想像，我们仍然可以用机械锁保险箱的情况来作比喻。当然，对于一般的机械锁而言，触发锁闭动作和开锁动作的钥匙都是同样的；在密码中这就是所谓的“对称密钥”。后面我们将要针对“非对称密钥”或“公开密钥”的情况设计一把锁闭钥匙和开锁钥匙不同的机械锁，但这里为简便起见，我们仍然采用通常的“对称钥匙”机械锁。

在这种情况下，明文 P 是保险箱中秘密文件所包含的信息；密钥 K 是钥匙上的凹凸组合信息；S 为锁闭之后的装有秘密文

件的保险箱；$\mathscr{F}$ 为锁体中从插入正确的钥匙、锁芯中弹子组合识别出钥匙的正确性、锁芯按钥匙的扭力作出旋转，到推动相应执行机构进行锁闭、开锁动作的一系列特定过程的作用原理。而加密、解密就是锁体内执行锁闭、开锁动作的这一系列过程。

从加密表示式 $\mathscr{F}(P,K)=S$ 看，就是要设计加密方式 $\mathscr{F}$ 和加密密钥 K 以尽量使得旁人在仅仅获得密文 S 的情况下，非常难以仅由 S 推出加密方式 $\mathscr{F}$（或其逆变换 $\mathscr{F}^{-1}$）和解密密钥 K，更不用说直接由密文 S 推出明文 P 了。甚至于，在现代密码学中，还进一步要求在旁人不仅获得密文 S 而且获得了加密方式 $\mathscr{F}$ 的情况下，仍然不能推出解密密钥 K，更不能推出明文 P。

由此，一般而言，从保密的必要性看，加密方式 $\mathscr{F}$ 和密钥 K 的复杂性显然越高越好（现代密码学已经不再如此笼统地要求二者的高复杂性了，而是要求 $\mathscr{F}$ 具有“单向”性或“单向陷门”性，即“正变换不难，但反变换极难”或“在具有密钥时正变换不难，但没有密钥时反变换却极难”）；但从执行加密、解密过程的可行性看，则又是越低越好；这构成一对矛盾，通常只能在二者之间根据实际需要和实际可行性折中处理，即使是在现在海量高速计算机已经屡见不鲜的时候，依然如此。

试想想，当我们要给某人传送一封不愿让别人知道内容的密信时，我们有哪些基本的办法？

任何一种信息表示方式（如二进制、英文、中文等）均可视为一个系统，而任何一个系统均可视为由“单元集合”与“关系集合”构成；因此，任何一种信息表示方式也就均由“符号”和“语法”两个基本要素构成，符号（如 0、1、英文字符、中文单字等）表示信息的基本组成要素，语法给出以这些基本组成要素的组合来表达复杂信息的行为规则。

又由于任何信息都必须有某种载体才能表现，所以，要传送或保存任何一组信息，必须满足 3 个基本条件：载体、符号、排列。

由此可知，要让一组信息保持秘密，无非以下 5 种办法：

(1) 让人难以获知信息载体的存在（如密写药水、伪装成标点符号的缩微胶片等）；

(2) 让人即使获知信息载体的存在却难以获知在何时何处获取（如混在成千上万进出海关的人群中的秘密信使）；

(3) 让人即使获知信息载体在何时何处获取却难以获取（如首脑机关的秘密文件）；

(4) 让人即使获取信息载体却难以理解其表示符号的含义（如两河流域泥板文书上的楔形文字字符、殷墟甲骨文字符）；

(5) 让人即使理解其表示符号的含义却难以理解其组合方式的含义（例如一串不明其义的英文字符）。

前 3 种方法属于“信息隐藏”或“信息保护”，不属于“密码学”的范围；但后两种方法却正是密码学的两种基本方法：替换法与移位法。

当然，稍微复杂一点的加密方法都是这两种基本方法的结合或混合，而不单是其中某一种。

事实上，倘若单用这两种方法的一种，那么，稍不小心便可能使明文中某些字词与密文中某些符号、排列形成相对固定的对应关系，这样的情况下，利用密码破译（密码分析）中一种历史悠久的方法——频度分析法，便有可能攻破这段密码。

频度分析法，是基于这样一个事实：任何一种语言中，每个字母、单字或单词都有其基本稳定的使用频度。例如，在英语中，字母 e 出现的频率在所有字母当中最高，其次是 t，然后是 a，……；在阿拉伯语中，出现最多的字母是 a 和 l，而在汉语中频率最高的是“的”。字母或单字越少的语言，

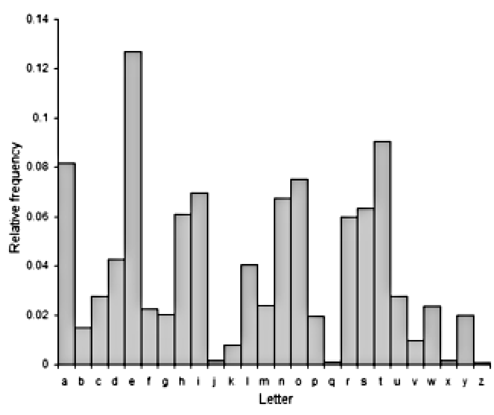


图 13. 英语字母使用频度表

长度越长的文字，这种频度的表现越是稳定。

这样，当已经估计到一段密文的明文是用哪种语言写成的时候，将其中出现频度最高的符号与该种语言使用频度最高的字母相对应，次高的符号与次高的字母相对应，……，辅以不断的分析、调整，便很有可能将其破译。

频度分析法最早是由谁提出的，已经湮不可考；但我们知道，公元 8 世纪中叶，阿拉伯阿拔斯王朝时，巴格达等地神学院中的神学家们在建立《可兰经》中穆罕默德启示录的年鉴时，就开始计算每一条启示录中各个单词的出现频率，他们甚至还研究单词的起源、变化与句子结构，来测试某篇文章是否与穆罕默德的语言模式相一致。公元 9 世纪时，同时兼为天文学家、哲学家、化学家和音乐理论家的阿拉伯人阿尔•金迪（al' Kindi，也被称为伊沙克 Ishaq，801 ～ 873 年）在他的《关于破译加密信息的手稿》中，提出了解密的频度分析方法。这是密码破译术上一次伟大的突破。

现在来看看在古典时代加密、解密曾经有哪些比较典型的方法。

（1） **“阴符”**、**“阴书”**：这应该分别是世界上最早的替代密码和移位密码。

（2） **“天书”**：这是密码界承认的世界最早移位密码。

（3） **“恺撒密码”**：这是密码界承认的世界最早替代密码。

（4） **“九宫格密码”**：欧洲中世纪（约公元 476 ～ 1453 年）时期，宗教势力处于高压统治地位，大量秘密结社兴起；最有名的就是影响深远的“兄弟共济会”。秘密通信的需要，使他们发明了这种替代密码：

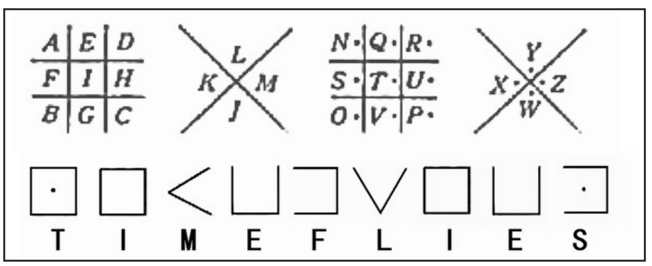


图 14. 九宫格密码

图中，上面一行以九宫格方式给出替换规则，下面一行中给出明文“TIME FLIES”（空格忽略）加密后的结果。

（5） **“书卷密码”**：以一段或一篇文章作为密钥，对其中每个单词依序编号：

01Under 02these 03circumstances, 04it 05seemed 06to 07many 08to 09define 10what 11England 12was 13fighting 14very 15hard 16for. 17Therefore, 18two 19years 20later, 21Robert 22Bridges, 23the 24Poet 25Laureate, 26asked 27Sir 28Hubert 29Parry 30to 31put 32it 33to 34music 35at 36a 37Fight 38for 39Right 40campaign 41meeting 42in 43London's 44Queen's 45Hall. 46The 47aims 48of 49this 50organisation 51were “52to 53brace 54the 55spirit 56of 57the 58nation 59that 60the 61people 62of 63Great 64Britain”, 65explained 66by 67Jacob, 68a 69key 70role 71of 72it.

图 15. “书卷密码”解密表

以此作为解密表。再由此制作加密表：按字母顺序，将这段文字中每个单词的编号按相同首字母归并到一起：

a	26	35	36	47	68										
b	22	53	64	67											
c	03	40													
d	09														
e	11	65													
f	13	16	37	38											
g	63														
h	15	28	45												
i	04	32	42	72											
j	67														
k	69														
l	20	25	43												
m	07	34	41												
n	58														
o	48	50	56	62	71										
p	24	29	31	61											
q	44														
r	21	39	70												
s	05	27	55												
t	02	06	08	17	18	23	30	33	46	49	52	54	57	59	60
u	01														
v	14														
w	10	12	51												
x	75														
y	19														
z	81														

图 16. “书卷密码”加密表

注意到加密表中 x 和 z 在解密表中没有对应的编号，也就是说密钥或解密表中没有以这两个字母开头的单词，因此将它们另行单独编号为任意两个数字 75、81。

于是，加密时用加密表对照，将英文字母逐一转成对应的数字即可；当然，对于那些有不止一个数字对应的字母，可以也最好将所有对应数字都使用到。而解密时按解密表将数字转回相应的字母即可。

当作为密钥的这段文字长度够大、且很难单靠猜测和在常见文章、书籍中的逐一查找来发现时，书卷密码有非常高的强度，这从现实中一个持续至今上百年的事例——比尔密码（The Beale Ciphers）可以看出：

1822 年 1 月，美国弗吉尼亚林奇堡的华盛顿旅馆的主人莫里斯，受一个客人汤姆斯•比尔委托保管一个锁住的铁盒子；数月后，比尔给莫里斯来信，说铁盒子内保存着非常重要的

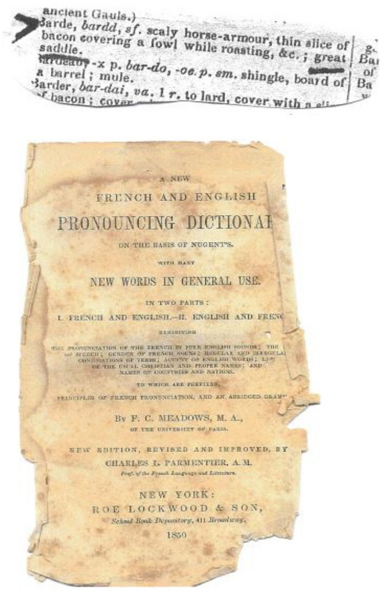


图 17. 比尔密码——曾经从中寻找密钥的词典

东西，事关他和朋友的性命；如果他和他的朋友没能来找莫里斯，就请莫里斯在 10 年之内一定保管好盒子。

莫里斯是一个很忠厚的人，一直守护了这个铁盒子 23 年，1845 年方才打开。结果里面是 4 张字条，3 张是密文，1 张是说明事情原委的明文。

原来，比尔是个冒险家，1917 年组织了一个 20 人的探险队，在一个险僻的峡谷里发现了金银矿；几年里他们聚集了大量的财宝，并将其藏匿在一个隐密的地方。比尔担心在挖掘成之前身遭不测，在遇到忠实可靠的莫里斯之后，便将各个藏宝地的位置、其中财宝数目、自己和同伴们所有亲戚的名字分别写成 3 张密文，委托莫里斯保管，以便在他们遭遇意外后，这些财宝仍能交给他们的亲人。

已经 23 年了，比尔或他的同伴仍未来认领，恐怕早已凶多吉少；莫里斯认为自己有责任找出这些宝藏来交给他们的亲人。于是他开始尝试破解这些密码，但在他余生 18 年里，却一无所获。临终前，他将此事告诉了一个朋友詹姆斯•沃德。沃德经过无数次的查找和尝试，终于破解了第 2 张密文，证实这是一个用《独立宣言》中的一段话加密的书卷密码，译出的文字是：

“我在离布法德约 4 英里处的贝德福德县里的一个离地面 6 英尺深的洞穴或地窖中贮藏了下列物品，这些物品为各队员 — 他们的名字在后面第三张纸上 — 公有。第一窖藏有 1014 磅金子，3812 磅银子，藏于 1819 年 11 月。第二窖藏有 1907 磅金子，1288 磅银子，另有在圣路易为确保运输而换得的珠宝。……”

这一破译引起轩然大波，无数的人查找、尝试了无数的文献。到了 20 世纪 60 年代，一些专门从事密码破解（密码分析）的人接受不了这个失败，专门为此组成了一个秘密协会——比尔密码协会，以便他们倾其知识和才智去攻破这个密码。计算机科学家、电脑密码统计性分析的先驱卡尔•哈默就是该协会的一位著名成员，他对比尔文件中的数字的分布做了大量统计、试验，总结得出结论： 这些数字并不是随意写出的，它一定隐含着一段英文信息。

但是，虽然越来越多的数学家从事密码学研究，越来越多的巨型计算机被用来编制和破译密码，但一百七十多年前写成的比尔密码，仍然还在以冷峻的面孔冷迎世人——第 1 和第 3 张密文至今仍然未能破译。

从书卷密码的构成方式我们也可看出，书卷密码的本质是一个多对多的映射（图 18）。

假定有 A， B， C， …和 1，2，3，… 两组有序排列的符号，分别称为明文主符和密文主符；每个明文主符和密文主符又各对应着一组有序排列的符号，如符号 A 对应着 e2，g1，x4，称为明文次符，符号 1 对应着33，47，62，91，称为密文次符。

在所有这些有序的明文次符 e2、g1、x4、a7、u4、……和密文次符 33、47、62、91、12、41、54、……之中，没有任何两个是相同的。

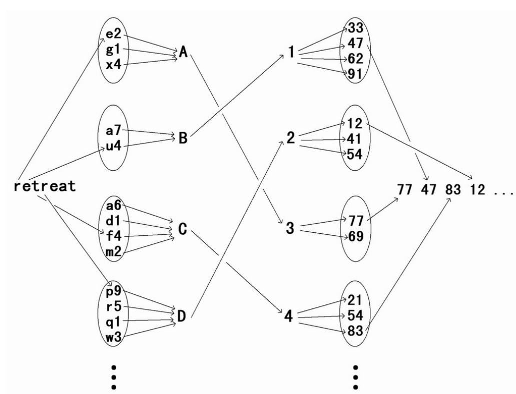


图 18.“书卷密码”基本原理图

于是，任何这样构成的明文主、次符和密文主、次符，加上明文主符与密文主符之间任何一组对应关系，就构成一个书卷密码。

比如，当明文（*如图中的 retreat*）中第 4 个字母 r 要加密时，先将 r 对应到第 4 个明文主符 D，再按预先确定的对应关系对应到密文主符 2，再对应到 2 的密文次符 12、41、54 中的第 4 个（*待加密的字母 r 在明文中排在第 4 位*）；但是，这里只有 3 个次符，因此按循环关系，取作第 1 个次符 12。最后，r 就被加密成了 12。

由于这里每个密文主符都对应着若干密文次符，因此，每个明文字符并不固定对应某一个密文次符，例如，明文 retreat 中第一个字母，虽然同样也是 r，但是，却被加密成 77。因此，只要次符的个数不要太少，便可将各个字母的使用频度很好地掩盖起来，使频度分析法失效。

事实上，多表替换之类的密码，遵循的也基本上就是这个书卷密码的基本原理。

(6) **“一次一密”**：按需要加密的明文长度需要，将图 16 的加密表扩张、用数字随机地填满、并仍然使得每个数字在表中只出现一次，就构成了“一次一密”的一次加密表；将很多各不相同且毫无规律的一次加密表装订在一起，就构成了“一次一密”的密码本；每次加解密，双方按照同样的密码本中同样的顺序使用同一张加密表（解密表），然后便将其撕掉销毁，下次再一起使用下一张表。

当使用者较多时一次一密的使用成本是很高的：必须高度可靠地分发并高度可靠地保管密码本；但是由于理论上已经证明，一次一密是唯一不存在统一的破译方法的密码，因此，直到现在，这种古老的加密方法仍被各国用来保护一些使用量小、但却具有极高密级的政治、军事机密。

(7) **“双字密码”**：我们知道任何一段信息均可表示为一段二进制数字 0100010010、10001010011100110、……等等；因此，任何有限信息也都可以用由两个不同字符组成的有限长字符串来编码表示，而且，还不一定非得按照二进制数字的进位规律来编码。在民众更多的是以那句“知识就是力量”而名垂千古的英国哲学家培根（Francis Bacon，1561-1626），就编制过这样一种隐密性很好的密码：

(i) 将 26 个英文字母中的每一个用长度为 5 的 a-b 字符串编码，如：A=aaaaa，H=aabbb，I=abaaa，K=ababa，L=ababb，M=abbaa 等等；

(ii) 将要加密的字句如“KILL HIM”去掉空格和标点符号，写一封通常的信件或文件，按“正体字母代表 a、斜体字母代表 b”的方式和 (i) 中的字母编码方式，将“KILLHIM”的每个字母表示成文件单词中由 5 个或正体、或斜体的字母组成的串，这样就完成了“KILLHIM”的 a-b 编码加密：

it see*med to* m*a*n*y to* *de*f*i*ne wh*a*t *E*ng*la*nd was fighting for.

ababa	abaaa	ababb	ababb	aabbb	abaaa	abbaa
K	I	L	L	H	I	M

(8) **“维吉尼亚密码”**（Vigenere Cipher）：维吉尼亚密码在密码史上名气很大，是古典密码中典型的多表替代密码，由亨利三世时法国外交官维吉尼亚（Blaise de Vigenere，1523 ～ 1596）发明。



图 19. 布莱兹·德·维吉尼亚

维吉尼亚密码的特点是用一张“维吉尼亚方表”加、解密，该表构造方法是将 26 个字母表每一行向左错一位、循环移位排列，合成一个表：

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

图 20. 维吉尼亚方表

要用这个表加、解密，还需要一个由字母组成的密钥，比如 KINGDOM。现设要加密的明文是“retreat and go to next city”。去掉空格，将明文变为 retreatandgotonextcity。

将密钥 KINGDOM 重复排列，直至其长度超过去掉空格后的新明文的长度，然后截掉后面比新密文多出的部分，再与新的明文上下对齐：

r	e	t	r	e	a	t	a	n	d	g	o	t	o	n	e	x	t	c	i	t	y
K	I	N	G	D	O	M	K	I	N	G	D	O	M	K	I	N	G	D	O	M	K

这样，明文第 1 个字母 r 就对应于密钥序列中的字母 K；在方表中的第 A 行（第一行）找到 R（不分大小写），顺着这一列往下找到与第 K 行相交的位置上的字母 B，这就是 r 被加密后的字母。

同样，明文第 2 个字母 e，对应密钥字母 I，在第 A 行中找到E，往下找到第I行所在的字母M，这就是e加密后的字母。

最后，明文“retreatandgotonextcity”用密钥“KINGDOM”加密后的结果是

BMGXHOFKVQMRHAXMKZFWFI

从维吉尼亚密码的加密表可以看出，由于明文中的同样字母只要处于不同位置就可能被加密成完全不同的字母，维吉尼亚密码很好地隐藏了字频（字母出现的频度）；这使得维吉尼亚密码对数百年来强大的频度分析攻击具有很高的抗攻击强度，因而，维吉尼亚密码在欧洲历史上纵横近 300 年，直到 1854 年，才被英国人查尔斯 • 巴比奇（Charles Babbage）破解。不过，由于他从未发表过这个结果，因而这个发现直到 20 世纪学者们检查巴比奇丰富的科学笔记时才被公布于世。

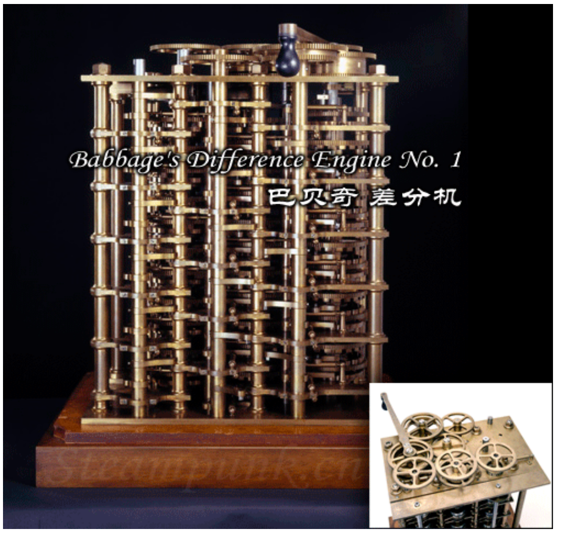


图 21. 巴比奇的差分机

这个巴比奇本身就是个甚是了得的人物，他发明了世界上第一台机械计算机——差分机，其基本结构原理至今仍为电子计算机沿用。

未完待续

征文启事

本刊的数学烟云栏目主要用于介绍数学学科的发展和研究内容等，欢迎广大读者投稿。来稿请寄：mc@global-sci.org

作者介绍

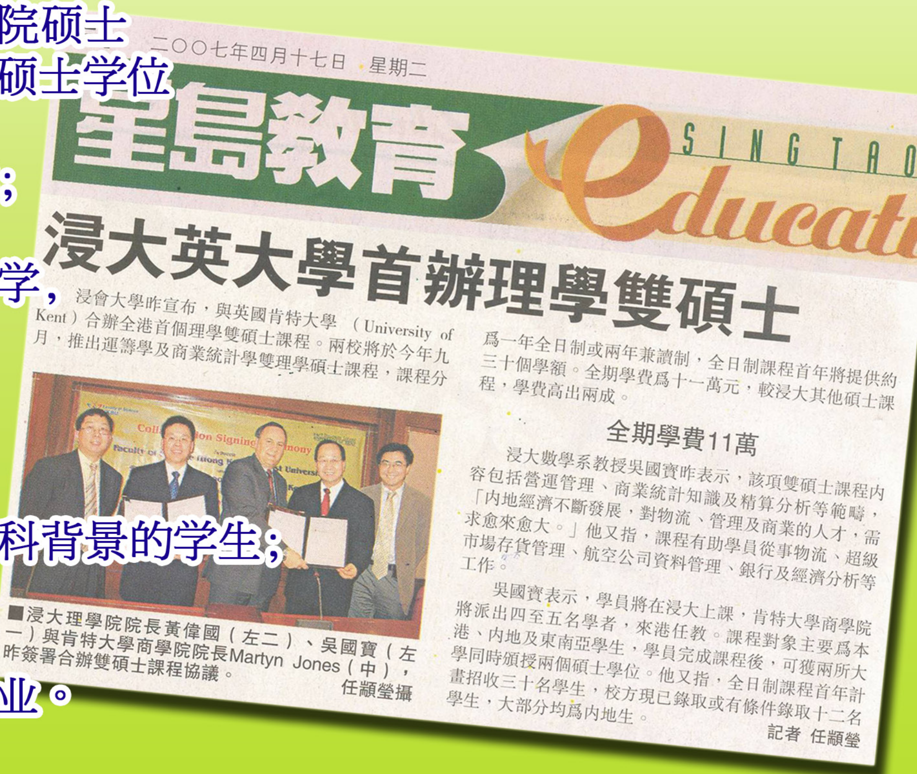
罗懋康，中国科技大学数学学士，四川大学数学博士，四川大学数学院教授，博士生导师，中国教育部长江学者特聘教授。曾获国家基金委杰出青年基金，为本刊编委。研究方向为不确定性理论，包括基础理论、应用理论与工程技术三个方向，涉及动力系统，计算智能，工程控制论，军事运筹学等。



运筹和商业统计双硕士

香港浸会大学数学系
英国肯特大学商学院

- 授予英国肯特大学商学院硕士和香港浸会大学理学院硕士学位
- 双方教师共同参与教学；
- 教学地点在香港浸会大学，教学语言为英语；
- 十二个月全日制课程；
- 招收对象：理工科和商科背景的学生；
- 于2007年开办；我们协助学生在香港就业。


二○○七年四月十七日　星期二

星島教育 SINGTAO Education

浸大英大學首辦理學雙碩士

浸會大學昨宣布，與英國肯特大學（University of Kent）合辦全港首個理學雙碩士課程。兩校將於今年九月，推出運籌學及商業統計學雙理學碩士課程，課程分爲一年全日制或兩年兼讀制，全日制課程首年將提供約三十個學額。全期學費爲十一萬元，較浸大其他碩士課程，學費高出兩成。

■浸大理學院院長黃偉國（左二）、吳國寶（左一）與肯特大學商學院院長Martyn Jones（中），昨簽署合辦雙碩士課程協議。　任顥瑩攝

全期學費11萬

浸大數學系教授吳國寶昨表示，該項雙碩士課程內容包括營運管理、商業統計知識及精算分析等範疇，「內地經濟不斷發展，對物流、管理及商業的人才，需求愈來愈大。」他又指，課程有助學員從事物流、超級市場存貨管理、航空公司資料管理、銀行及經濟分析等工作。

吳國寶表示，學員將在浸大上課，肯特大學商學院將派出四至五名學者，來港任教。課程對象主要爲本港、內地及東南亞學生，學員完成課程後，可獲兩所大學同時頒授兩個碩士學位。他又指，全日制課程首年計畫招收三十名學生，校方現已錄取或有條件錄取十二名學生，大部分均爲內地生。

記者　任顥瑩

更多的课程信息请参阅：http://www.math.hkbu.edu.hk/MSC-ORSTAT/

香港浸会大学创立于1956年，是一所由特区政府全面资助 的文理型综合大学
肯特大学在全英学生调查中荣获英格兰东南部最佳大学



《中国数学会通讯》是中国数学会的机关刊物，主要刊登国内外数学界的重要信息，报导中国数学会与各省市自治区数学会、学科分会等的活动情况。主要栏目包括：学术活动信息，数学教育与普及，数学精品文章(数学的历史、进展、价值、趣事等)，人物专栏，学科介绍，书讯与书评等。

主编： 马志明
常务副主编： 严加安，王长平
副主编： 巩馥洲，丁彦恒
编委： 蔡天新，段海豹，冯荣权，胡作玄，贾朝华，李文林，刘建亚，陆柱家，曲安京，王维凡，余德浩，张英伯，张立群
责任编辑： 武建丽

《中国数学会通讯》为季刊，彩色印刷，图文并茂，
全年的总订费为50元(含邮费)。

订阅办法： 请将订费邮汇至北京中关村东路55号(邮政编码：100190)，中国数学会办公室；或汇至北京中国数学会

開户行：北京工商行海淀西區支行
帐号：0200004509089161419
电邮：cms@math.ac.cn
电话：0086-10-62551022



2010年第1期目录包括：

- 2010年数学界迎新春茶话会在京举行
- 中国数学会十届五次常务理事会会议纪要
- 中国数学会正副理事长、秘书长会议纪要
- 《中国数学会通讯》编委会扩大会议在京举行
- 金雅芬：中科院华罗庚数学重点实验室举办「忆颂华罗庚先生的高尚情怀」大会

王　元：怀念钱学森先生
方开泰：泛华统计协会成立的前后
许忠勤：数学天元基金设立的背景
朱传界：弦理论浅析
蔡天新：剑桥游学记
余德浩：我爱数学

《中国数学会通讯》编辑部供稿

发达国家数学英才教育的启示

——在北京师范大学第二附属中学数学组的讲话

北京师范大学数学科学学院
张英伯

非常高兴能够来二附中跟老师们聊聊。中学教师是一项崇高的职业，我从小生长在教师家庭，对这一职业情有独钟。

二附中是在北京市排名相当靠前的重点中学，我就将我所了解的国外科技高中的一些情况给大家说说，希望对老师们了解发达国家数学英才教育的真实情况有所裨益。

一．引子

刚刚卸任的中国科技大学校长朱清时在今年八月份国家图书馆的一个论坛上发表了“对待教育要少一些干预，多一点敬畏”的谈话，提到下述问题：民国 38 年间，全国共有 25 万人获得大学毕业证书，平均一年不到 7000 人，而 2008 年我国一年毕业的大学生人数达到 559 万，大约是民国时期培养规模的 800 倍。

近三十年来，随着国民经济的长足进展，我国已经迅速地进入了大众教育阶段，教育普及的成就有目共睹。与此同时，越来越多的人开始发出这样的疑问：民国时期是一个大师辈出的年代，现在为什么培养不出像陈省身、华罗庚、杨振宁、李政道、钱学森这样的大师级人才？



北师大二附中校园

诚然，目前学术界教育界的专家教授和行政管理人员对这个问题会有各自不同的看法。我们的大学确实与世界名校相差甚远，我们有很多体制上的问题亟待解决，与此同时，我们的中小学也有很多体制上的问题亟待解决。

事实上，拔尖人才的培养，从大学开始已经太晚了，拔尖人才对某个专业领域的兴趣，应该从他们的少年时代，从高中甚至初中时代就开始了。就拿曾经对温家宝总理提出“我们的教育为什么几十年来没有培养出拔尖人才”这一问题的钱学森先生来说，他的中学阶段在民国时期的北京师大附中读书，他当时的数学老师傅种孙先生，是我国早期的数学家，把西方的数学基础与数理逻辑介绍到中国，也是我国近代数学教育的先驱。傅先生在平面几何课上用当时西方大数学家刚刚发表的几何基础当作蓝本，为学生讲授欧几里得几何，在这些刚刚度过童年，进入少年时代的学生当中，有几十年后成为两弹元勋的钱学森院士、群论专家段学复院士、数论专家闵嗣鹤、代数学家熊全淹。钱学森曾深情地回忆道：“听傅老师讲几何课，使我第一次懂得了什么是严谨科学。”当钱老向温总理提出问题时，答案或许已经了然于心。

发现和保护一个天才很难，忽略一个天才却很容易。比如华罗庚，如果当年熊庆来教授没有把他招到清华，没有送他去剑桥大学，也许他还在江苏金坛的小店里工作，我们也就不会有天才的数学家华罗庚了。

再比如 2006 年菲尔兹奖得主陶哲轩，如果没有父母的精心呵护，没有澳大利亚宽松的学习环境，允许他在五岁刚上小学就去读中学课程，八岁半去附近的大学学习数学分析和物理学，那么他也许仅仅在中学时得到奥数金奖，为学校和国家争光，而不会成为世界一流的大数学家了。

毋庸置疑，我国中小学数学教育的整体平均水平，我们中小学教师的整体学科素养不比发达国家差，有些方面甚至

强过他们，这是我们的优势。但是与此同时，我们不得不看到，发达国家从进入“大众教育阶段”伊始就高度重视“英才教育”，大众教育与英才教育相辅相成，逐步形成了一套成熟的教育体系。我们这里却出现了种种误区。在这个方面，我们与发达国家尚有很大的差距。

近半个世纪以来，发达国家曾经在数学教育中出现过对大多数学生标准过低的问题，这些另当别论，我觉得我们应该着重学习他们成功的经验。应该看到，美国能够在科学技术领域引领世界五十余年，必有过人之处，发达国家科技人才辈出，必有过人之处。

二. 美国的分流培养

美国高层对自己大众教育的看法比较悲观，这集中地体现在布什总统2006年初的国情咨文中，在那里特别提到了中国和印度的中小学教育要比美国好。甚至为改进自己的数学教育成立了总统顾问委员会。他们有很强的危机感，愿意做自我批评。

在5%的英才之外，美国的教育“失败”了。但是这成功的5%，支撑了美国经济50余年在世界上的长盛不衰。

我们北师大的一位毕业生在位于硅谷的美国宇航局的一个研究部门工作。他的孩子读小学，班里17个同学，大部分是印度移民。前些日子去美国，他陪我们到 Google、Intel、甲骨文、惠普几个大公司走走，真的有不少黄面孔。甚至在华尔街上，中午吃饭时间，你会看到很多从大银行，大公司出来的中国白领匆匆而过。至于每一个美国大学的数学系都有中国教授，已经是众所周知的事实。但是这位毕业生告诉我们，他认为美国的教育是非常成功的，因为所有这些地方的最高层决策层和学术带头人，几乎都是美国本地人，不是由于人种，而是基于实力。

众所周知，美国的教育体系是多元化的，没有全国统一的教育制度。50多个州就有50多种不同的教育制度。在数学教育上，虽然从八十年代末开始，有了 NCTM（全美教师联合会）的全国统一课程标准，但这些标准仍然是选择性的、非强制性的。

我们也经常看到或听到关于美国数学教育水平的一些负面评论，但实际上，美国高层对英才教育的问题始终保持着清醒的头脑。

从五十年代美国的教育开始普及，1958年他们的国会就通过了“国防教育法案”，要求联邦政府提供奖金培养数学、科学和外语等天才学生；1965年成立“白宫资优及特殊才能特别委员会”；1972和1973年美国教育委员马兰向国会提出报告后，美国教育署成立了天才教育处；1978年美国国会通过“天才儿童教育法”；1987年再次通过相关法案，并拨款建立联邦办公室和全国研究中心；1988年通过“杰维斯资赋优异学生教育法案”，此后每年由国会确认，并决定联邦政府的拨款额度；1990年成立了美国国家英才研究中心，（National Research Center on the Gifted and Talented，简称 NRC/GT），开展英才教育的理论与实践研究工作。

美国一向尊重个体，体现在教育上，就是因材施教。所以虽然各州的课标法规有诸多不同，却有一个共同的特点：因材施教，突出英才。

美国英才教育的主要形式是在各个学校中把5%的天才学生（Gifted students）划分出来，天才学生从小学到大学都有特殊的教育方法。最常见的是让程度好的学生去修他们擅长的高一年级或高两年级的单科课程。有些学校的天才学生每周集中半天，分成小组开展一些项目，小组间展开竞赛。

学校对数学等单科比较突出的少数学生提供特殊辅导，在某中学有一位数学成绩优异的学生，每当上数学课的时候，学校都会派校车送她到附近的一所大学，由学校为她聘请的一位教授专门授课。

美国有一个委员会，负责制订在中学讲授的大学课程的标准，并负责审查中学讲授大学课程的资格，英文称为 Advanced Placement Courses。对于数学来说，这些课程包括微积分、线性代数、初等数论、理论概率等等。而学习过高中的AP课程，是进入较好大学的必要条件之一。一般进入长春藤大学数学系的美国学生，早已熟知微积分，并且不必在大学里重修，而是直接进入更深层次的数学训练。

美国有一些非常出色的中学。在弗吉尼亚州 Fairfax 郡有一个全美闻名的杰弗逊科技高中（Thomas Jefferson High School for Science and Technology），在美国100所金牌高中的排行榜中连年第一。我读过这所高中的课程介绍，微积分和高等代数用的都是美国正式的大学课本，他们的学生在高三毕业时，不但学完了一元微积分，还学完了多元微积分、线性代数、微分方程、数论、概率，在课程介绍的后面注明，



全美第一中学杰弗逊科技高中的教学宗旨（mission statement）是：杰弗逊科技高中的教育理念在于全人教育的学科与伦理发展，以使学生毕业后成为21世纪有责任感的公民和领袖。

（Thomas Jefferson High School for Science and Technology focuses on the academic and ethical development of the whole student, preparing graduates to become responsible citizens and leaders in the 21st century.）

这些课本只是初步的要求，老师会在课堂上根据学生的情况加深内容。学校提供十分优越的实验条件和学习环境，学生可以修习附近大学的课程，进行一些相当于博士或硕士研究生水平的研究。这所高中的全部学生都是通过考试，择优录取的。

在5％的英才之外，美国的教育“失败”了。但是这成功的5％，支撑了美国经济50余年在世界上的长盛不衰。

三. 法国的大学校

法国的数学在国际上是非常引人注目的，法国历史上伟大的数学家很多，比如伽罗瓦、庞加莱、阿达马、埃尔米特，这几位竟然都毕业于巴黎的同一所中学：路易大帝高中。

直到现在，法国政府都非常重视数学研究，他们前些年曾从世界各地高薪聘请数学教授，德国、西班牙、南北美洲等地一些优秀的数学家到那里应聘。

近些年来，菲尔兹奖得主几乎次次都有法国数学家，这是一个有着深厚的科学文化底蕴的国度。

近些年来，菲尔兹奖得主几乎次次都有法国数学家，这是一个有着深厚的科学文化底蕴的国度。

前些日子法国国家教育部数学督察来到我们学校访问，了解中国中小学的数学课堂教学，我借机详细地询问了法国的数学教育。他笑了，说你们了解法国的愿望比我们了解中国的愿望更强烈啊。

他说法国的孩子初中毕业后有40%去职业学校，60%升入普通高中，我记得瑞士有70%去职业学校。这一下子就引导了孩子们的分流，一些希望掌握某种特殊技能的孩子，比如汽车修理技师、园艺师、理发师、面包师等等，可以去读职业学校，出来后能够顺利地找到对口的工作。在60%升入普通高中的学生当中，20%属于技术类型，15%为纯理科，65%读经济和文科。

法国高中理科部分的教学大纲已由我们的邓冠铁教授译成中文在数学通报上发表了。法国与美国不同，教学大纲由国家统一制定并实施。

那个大纲是分年级写的，比我们国家的课标（理科）内容要深很多。比如高三的大纲包括复数、复平面、实部、虚部、共轭复数、加减乘除四则运算、复数的模和幅角、两个复数商的模和幅角、复数的三角表达式、实系数一元二次方程的复数解。

大纲要求系统地讲解微积分，包括数列极限、函数的极限、复合函数的极限、函数的连续性、中值定理、函数的求导、函数切线研究、复合函数求导、指数函数和对数函数的研究、积分和原函数、分部积分、简单的微分方程。还要讲数学归纳法、空间解析几何、概率，同时为有余力的学生制定了特殊教育的内容，讲数论中整数的整除性，Bezout定理，高斯定理和平面的相似变换。

据法国数学督察说这个大纲是几年前的了，现在他们又进行了修订。

法国基础教育中最突出的一个特点是大学预科，这些预科都设在中学，进入预科的高中生要经过严格的考试，只招收高中生的不到10%，也就是同龄青少年中的不到6%。被选中的学生两年毕业时再经过一次严格的考试，通过考试的不到一半的预科毕业生进入法国的大学校。

法国的大学校是独立于大学之外的高等学校，由300多所学校构成，包括155所高等工程师学院，70所高等商学院和5所高等师范学院。如巴黎综合理工学院（每年收一百多

学生）、巴黎高等师范学院、巴黎高等商学院等。大学校通过高水平的课程和严格的训练，培养了一大批学术、政治、经济界的精英，在法国教育界占据着独特的地位。就拿数学来讲，法国的菲尔兹奖得主几乎全部出自巴黎高师。



巴黎著名的路易大帝高中，培养了雨果、莫里哀等大文学家，以及迦罗瓦、庞加莱等大数学家。

在法国，只要是合格的高中毕业生，就可以根据自己的学习成绩和兴趣爱好，选择适合的普通综合性大学，直接注册，额满为止，不需要进行考试。但对于各类名牌专科大学，学生必须经过 2 年预科班的学习，通过严格的考试，竞争入学。

预科班相当于大学低年级，2 年预科班毕业后需要参加大学校单独或联合举行的难度很大的考试（初试和面试），成绩好的学生进入大学校深造，成绩不够的学生可以直接进入普通大学 3 年级，继续完成大学阶段的学业。

法国的中学数学教师要经过严格的考试才能上岗，不只考教师教育，首先是考数学。数学分成基础、计算机和应用，其中基础部分有数学分析、几何、代数方面的所有大学课程，计算和应用可任选一门。初中教师的录取率是四分之一，而高中，特别是预科教师，录取率只有不到百分之十七。这也许是他们的数学教学之所以如此优秀的基础吧。

四. 建立我们的英才教育体系

亚洲的发达国家紧随欧美发达国家纷纷建立了自己的英才教育体系。

日本一贯善于将西方的先进社会模式学为己用，他们在 2002 年建立了 26 所理科高中，2006 年一下子增加到 99 所。在这之前英才教育基本由私立学校去做，而现在的理科高中很多是公立学校，在那里为挑选出来的优秀的理科生讲授大学课程。

韩国在 2006 年发布了总统令“英才教育振兴法实施令”，2007 年就建立起了 18 所科技高中，实行移动授课，中学选修大学课程。

综合美国、法国、日本、韩国的情况，我们看到目前理工科学生的高中数学，已经到了将高等数学的基础课程下放到中学，大学与中学打通的阶段。

就按照法国中学生分科的比例，技术类和纯理科占全国学生的 20% 左右，他们的数学课程相当深。如果考虑到法国的预科，则有 6% 的学生在学更高一级的课程。事实上法国的大学校和预科班皆以理工科为主，经济类有一些，文科很少。

按照美国的情况，则是从小学开始，不断地逐级选拔出 5% 的学生，在中学已经基本学完了大学的若干门基础课程。如果放到中国，5% 在全国的学生中，是一个多大的数字啊。

有着五千年文化底蕴的中华民族，是一个那么优秀的民族。我们有那么多优秀的中学老师，有那么多优秀的中学生，让我们的学生全国齐步走地学习同样的课本，采取同样的进度，甚至用高三整整一年的时间操练题型备战高考，岂不太可惜了？

发达国家对英才施以适合他们的教育，而我们把英才的学生，优秀的老师集中在重点中学，然后和一般的中学施以同样的教育。因为评判学校的标准是高考成绩，而不是培养人才。

目前炒得沸沸扬扬的数学竞赛，之所以会在全国各省市盛行，根本原因还在于现行体制，在于没有一种科学的、切实可行的小学升初中，初中升高中的办法，竞赛这种形式就成了官方升学体制的自然补充。

我们这么多年出不了大师，症结也许就在于体制上的过份干涉，在于多年形成的文化平均主义，无法因材施教。

我们这么多年出不了大师，症结也许就在于体制上的过份干涉，在于多年形成的文化平均主义，无法因材施教，无法保护和引导我们许许多多有才华的学生走上大师之路。

诚然，我们国内的学界缺乏大师，但民国时代的学界刚

刚从满清王朝走出来，更缺乏大师。而当时的陈省身、杨振宁、李政道、钱学森几位大师都是在国内读完了小学、中学和大学才到欧美去的。诺贝尔奖曾颁给过九位华裔学者，除杨振宁、李政道之外，其他七位均于七十年代之后获奖，这中间只有一位诺贝尔文学奖得主高行健是在国内受的教育，其余六位得到科学奖的，都是在美国或台湾读小学、中学和大学。而菲尔兹奖只给过两位华裔学者，一位在香港、一位在澳大利亚接受基础教育。

> **多年以来，英才教育似乎是教育领域的一个禁区，曾经的政治运动使得文化平均主义深入人心。事实上，一方面每个孩子都有受教育的权利，另一方面，教育者要对孩子们因材施教。**

多年以来，英才教育似乎是教育领域的一个禁区，曾经的政治运动使得文化平均主义深入人心。事实上，一方面每个孩子都有受教育的权利，在教育面前人人平等，另一方面，教育者要对孩子们因材施教，根据每个孩子不同的特长，让他们受到最适当的教育。这是两个不同范畴的问题，受教育的平等权利，并不等同于所有的孩子都接受同样的教育，因为孩子们原本就是千差万别的。

孩子们的才能体现在各个不同的方面，有些孩子喜欢数学，不费劲就能学得挺好，为何不诱导他们多学一些呢？有些孩子不擅长数学，费挺大劲也不见得能够学好，但是这并不表示他们不行，他们一定具有其他方面的才能，比如文学、艺术、体育，或实际操作能力，为什么非得让他们都学同样的数学呢？

有人可能会说，中国实行统一高考，根本不可能像发达国家那样，在中学实行分层教学。但是，我觉得统考的局面正在一点点地改善，比如我们已经从过去的全国一份考题，变成了省市的自主命题，更令人高兴的是，我们的大学已经开始有了自主招生的名额，从 5% 的比例逐年上升。当然，目前大学的自主招生在出题、在招生的形式等方方面面还不成熟，但是有了自主招生的可能，我们是否可以在现行体制允许的范围之内做些工作呢？

在西学东渐的清末民初，我们能够在内忧外患的国情下从零起步，学习西方先进的思想，建立起自己的现代数学教育体系，并在短短的几十年时间迅速接近发达国家的教育水平，为什么不能在目前体制改革的进程中，学习西方教育的先进之处，使我们的数学教育体系逐步向良性化、科学化迈进呢？

我们的中学老师，承担着为祖国培养人才的重任，也就是承担着祖国的未来。我们有这么多优秀的中学老师，数学教育一定会有长足的进步。

我们也一定能够实现陈省身先生的美好愿望，在二十一世纪将中国从一个数学大国变成数学强国。

就讲到这里，谢谢大家。

2010 年 3 月于北京定稿

参考文献

李永智，美国的英才教育与因材施教，基础教育参考，2004 年第 4 期。

易泓，英才教育制度的国际比较，教育学术月刊，2008 年第 6 期。

关颖婧、袁军堂，法国大学校的精英教育及其启示，江西教育，2006 年第 5 期。

韩国“精英”教育策略，教育情报参考，2005 年第 2 期。

赵晋平，从理科高中看日本的精英教育，外国教育研究，2005 年第 5 期。

作者简介

张英伯，北京师范大学数学科学学院教授，博士生导师，从事代数表示论的研究，给出了一般有限维代数模范畴的 AR- 分支的结构，从事代数方向各门课程的教学工作。任中国数学会基础教育委员会主任，《数学通报》主编。



北航怎样选拔尖子生?

北京航空航天大学数学与系统科学学院
李尚志

为了培养优秀人才，北京航空航天大学创办了高等工程学院。从 2002 年开始，每年从录取的大学本科新生中选拔一部分有潜力的学生进入高等工程学院学习。今年的选拔考试刚刚结束。以下就是我们 2007 年选拔考试中的一幕。

（一名学生进入教室。）

老师：请坐。（学生就坐）

老师：你知道什么是圆锥曲线吗?

考生：圆，椭圆，抛物线，双曲线是圆锥曲线。(也有人回答:到一个定点和一条定直线距离之比为定值的点的轨迹称为圆锥曲线。)

老师：它们既然叫圆锥曲线，总应当与圆锥有关系吧。不然为什么叫做“圆锥”曲线而不叫“鸡蛋曲线”或者“正方体曲线”呢? 比如，我国有个女子体操运动员吴佳妮，她首创了一套体操动作，这套动作就要以她来命名，叫做“佳妮腾越”，而不能叫做马拉多纳腾越或者叫别的名字。

考生：哦，……，想起来了，圆锥曲线可以由平面去截圆锥得出来。从不同的角度去截，分别得到圆，椭圆，抛物线，双曲线。

老师：你面前的桌子上有一个茶杯，里面有水。请观察，水面的边缘是什么形状?

考生：是圆。（心里也许在想，这个问题太简单了哟！）

老师：请把茶杯端起来，稍微倾斜，现在水面的边缘是什么形状?

考生：好像是椭圆。

老师：真是椭圆吗? 请说明理由。

考生：这个杯子是圆柱形吗?

老师：请自己观察。杯子的上下是一样粗吗?

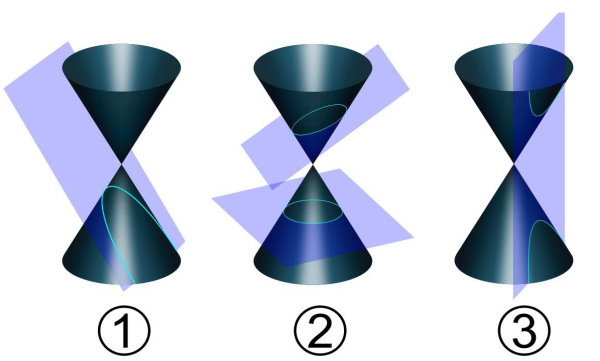
考生：不一样粗，而是上面粗下面细。不是圆柱，是圆台。……(思考)…… 因此，水面的边缘不应该是椭圆，应当是一头尖一头平的曲线，像鸡蛋一样。……(感到奇怪)…… 但是看起来怎么还是像椭圆呢?

老师：只有上下一样粗的圆柱被平面截才能得到椭圆吗? 你刚才不是说过椭圆也是圆锥曲线吗，能不能用平面截圆锥得到 ?

考生：（似有所悟）哦……将杯子侧面向下面延伸就是圆锥，所以水面边缘还是由平面截圆锥得到的，应当是椭圆。

老师：很好！谢谢。(以下问答别的问题，略去。)

圆锥曲线是数学中的重要概念。让学生叙述书本上的圆锥曲线的定义，是一道常规的数学考试题。但这并不是我们考试的重点，而只是将它作为一个引子，埋下的一个伏笔，暗示和引导考生在以后的问答中将现实生活中的例子与书本上的圆锥和平面联系起来。我们发现，大部分考生会背诵圆锥曲线的定义，但面对现实生活中茶杯中的水面，却将刚才所背的定义忘得干干净净，不知道茶杯壁可以看作圆锥侧面的一部分，水面可以看作平面，截出来的也是圆锥曲线。不能认为只有书本上、考试卷子上的平面和圆锥才是正宗的数学，生活中的水面和茶杯就不是数学，就都是左道旁门、歪门邪道。我们这样考学生，不仅是为了选拔，更是引导学生将眼光从书本和考卷的狭窄天地中解放出来，放眼到现实生活中去体会数学。当然，各个考生对我们所提的问题并不是都是像前面那样回答的。但前面所写的回答确实能够代表相当一部分考生。他们虽然在一开始有疑惑，没有得出正确的



圆锥曲线的内心：(1) 抛物线；(2) 圆和椭圆；(3) 双曲线



答案，但在考官的启发下能够很快醒悟过来，我们对这样的考生就很满意，决不因为开始的答案不对就扣他们的分。考生从疑惑到醒悟、从错误到正确的转变过程更能够令人信服地表现他们的思考能力，比起最后答案的对或错更加重要。

本文开始叙述的只是我所问问题的一个例子。另外一个例子是：将一张纸卷成圆柱形，用一个平面斜着去截，试画出截痕展开图的草图，通过观察猜想它是什么曲线？这个问题是中学数学中没有讲到的，难度相当大。我们不要求学生一开始就给出正确答案，而是引导他们经历试验、观察、思考、猜想以及不断纠正错误的过程去得出自己的答案，这实际上就是他们以后要进行的科学研究的过程。考官根据考生在这个过程的表现来判断考生自主学习的能力、思维能力、自己纠正自己的错误的能力，也就是判断他们从事科学研究的潜力。这个问题的答案其实是中学必学的内容，但中学考试涉及的不多，因此善于自主思考的学生不难猜测到正确的答案，而那些虽然经历过备战高考的题海战术训练却不会用自己的大脑思考的考生就只能茫然无措。当然我们还问了其他一些数学和物理的问题，这里就不一一列举了。

对考生进行口试，只是北航的选拔考试的一部分。在口试之前，已经出了数学、物理、英语的笔试题对考生全面掌握知识的情况进行了系统的考察。而口试由于时间较短（每位考生问答时间一般不能超过 10 分钟），不可能也没有必要再对掌握知识的情况再进行系统的考察，而只能着重考察他们的思维能力、发展潜力、学习态度等。从口试的情况看来，大多数考生在口试中的表现与笔试中的表现基本一致，也就是说：笔试分数高的学生在口试中表现也好一些。但也有一部分学生口试的情况与笔试的表现不一致，对这样的考生就要结合笔试和口试的情况综合考虑能否将他们选拔到尖子班。不但这次选拔尖子班学生是这样，在今年初招收保送生的时候也同样有笔试与口试。在那次口试中有这样一幕：

教师：你的笔试感觉怎么样？

考生：我觉得已经尽力了，发挥出了自己的水平。

教师：如果你现在发现在笔试中有哪道题目做错了，马上告诉我应当怎样纠正。如果在笔试中有哪道题目没做出来，现在想出来了，马上告诉我这道题目应当怎样做。只要你的纠正或补充是正确的，我马上给你加分。你要不要加分？

考生：我们中学教师告诉我们，考过了的题目就不要再去想，想了也没有用。因此我考了过后没有想。

这位考生说“想了也没有用了”是因为：既然已经考试过了，再去想也没有用了，想出来也不会加分了。因此当我承诺给他加分的时候他却无法利用这个机会。所谓加分，当然不是再去改动笔试分数，而是在口试中为他加分。在参加那次保送考试的几十名学生中，只有一名学生可以得到我的这个加分，不过他已经不需要这个加分，因为他的分数本来就很高了。这次选拔尖子生的考试，也采用了同样的方式，将某位学生笔试中不会做或者做错了的题目在口试中再问他，给他一个弥补自己错误的机会。这不仅是考他们的知识，更是考察他们的学习态度和对科学是否有兴趣。考生们在高考之前巴不得有人告诉他们高考将要考什么题，在考场上巴不得找一个人来教他高考题目怎样做，或者找一本书来寻找答案。在我们的笔试之后，考生们有足够的时间去查书本、请教别人、自己重新思考，找到问题的答案并不困难。但是令人遗憾的是，大部分学生却没有这样去做，这说明他们学习的唯一目的就是考试分数，而对于所考的知识本身毫无兴趣。联想到有些人热衷于预测中国人什么时候能得诺贝尔奖，向诺贝尔奖的评委请教获奖秘诀，评委也将秘诀毫无保留的传授出来了：“你们中国人为什么只想得奖，对科学本身不感兴趣？”确实，每个得诺贝奖的人都是热爱科学本身，并不是为得奖而研究科学，要想得诺贝尔奖，就应当向他们学习这个经验。但是，很多中国人对这个宝贵经验不感兴趣，对这个真传秘诀并不喜欢，仍然年复一年地预测何年何月中国人能得诺贝尔奖。如果搞科研的人都这样在离诺贝尔奖越来越远的方向上继续狂奔，诺贝尔奖的希望就只能

我们不要求学生一开始就给出正确答案，而是引导他们经历试验、观察、思考、猜想以及不断纠正错误的过程去得出自己的答案，这实际上就是他们以后要进行的科学研究的过程。

寄托在下一代的身上了。但如果我们的学生学习的唯一目的就是为了分数而对科学本身没有一点兴趣，那么下一代也没有希望。所以我认为：对科学的兴趣，思维的能力，是从事科学研究的基本素质。考生如果具备这方面的素质，将来才有可能为国家做出大的贡献，现在才能学好大学的课程。我的指导思想就是希望将那些对科学有兴趣、不指望天上掉下馅饼而愿意自己认真思考的学生选拔出来，加以培养。

我们在口试中努力使口试以轻松的对话和聊天的方式来进行，在聊天之中观察他们对科学是否有兴趣、基础知识掌握得如何、是否能将所学的知识与现实生活结合起来。

我们现在很多考试，在考场上考官和考生好像是一场战争的双方，互相敌对，相互提防。在笔试场上，为了保证考试的公平和真实性，这也是没有办法的事情。但在口试时学生的一切表现都在我们的观察之中，就没有必要搞得这么对立，更不能将口试变成对学生的审问。我们在口试中始终将考生作为朋友，平等相待，努力使口试以轻松的对话和聊天的方式来进行，在聊天之中观察他们对科学是否有兴趣、基础知识掌握得如何、是否能将所学的知识与现实生活结合起来。因此，一开始我们可能要说一些与数学物理无关的话来减轻学生的紧张情绪。比如有一个学生来自湖南汨罗，我就说那是屈原投江的地方吧。又比如在解释圆锥曲线与圆锥的关系时，举了体育运动中的“佳妮腾越”不能叫做“马拉多纳腾越”为例。这当然不是为了考察学生的历史知识或者体育知识，而是为了活跃气氛，启发学生。即使学生不知道屈原投江，不知道体操明星吴佳妮和足球明星马拉多纳，也不影响对他的录取。

我们的口试分为三组，考题并没有统一的规定，完全由各组的老师自由发挥。据说有某一组的考官问过一个动脑筋急转弯的问题，引起某媒体记者极强的兴奋感，用了一个耸人听闻的标题“北京航空航天大学用动脑筋急转弯选拔尖子生”来加以炒作，而且按照他们的职业习惯加以移花接木，说成是我的主张。我所在的小组绝对没有问过这样的问题。即使某一组的老师问过这样的问题，至多也只是一种活跃气氛的笑料而已，在最后的录取中绝对没有将考生怎样回答作为考虑的因素。我本人认为，在口试中提出这样的问题不妥，容易使学生产生误会，以为这也是选拔考试题的一部分，担心自己的答案有错而产生紧张情绪。因此，在以后的考试中应当禁止这一类问题。某些媒体组织的选拔竞赛，喜欢将参赛选手像猫捉老鼠那样捉了又放，放了再捉，直到他们的眼泪再也控制不住而哗啦哗啦流出来，再怀着欣赏的心情假惺惺说几句安慰话，以达到最大的煽情效果。我们是教师，不能像媒体对待选手那样来对待考生，我们是学生的朋友，一切应当从爱护学生出发。我们的选拔考试不但要尽量选出真正的好苗子，而且要有利于所有的考生（包括被选上的和被淘汰的考生）今后一辈子的成长和发展。有些考生是保送上北航的，在今年初曾经参加过我们的选拔考试，这次又来参加选拔进高等工程学院的考试。我发现这些学生看问题的方式比起没有参加过上次的考试的考生更灵活一些，眼界更开阔一些，这说明我们上次的考试对他们起到了好的作用，我为此感到十分欣慰。

作者简介

李尚志，北京航空航天大学数学与系统科学学院学术委员会主任，教授，博士生导师。

是我国自己培养的首批18名博士之一。1998年至2001年担任中国科技大学数学系主任。2004年至2008年任北京航空航天大学理学院院长。自1980年以来一直从事代数学领域，特别是群论方向的科学研究。在典型群的子群结构的研究中取得了受到国际同行瞩目的系统的成果。主持的课程《数学实验》，《线性代数（数学专业）》，《线性代数（非数学专业）》分别于2003年、2004年、2006年评为国家精品课程。



美国大学生数学国际合作研究

Research Experiences for U.S. Undergraduate Students in Hong Kong

Barbara M. Moskal
美国科罗拉多矿业学院数学与计算机系教授

Graeme Fairweather
美国数学会《数学评论》常务主编

编者按：本文作者应编者的邀请，把他们组织的美国大学生海外研究体验形成文字，供中国两岸三地的大学生和基金委参考。我们非常感谢，这两位美国学者如此认真地提供了一份内容丰富图文并茂的报告。本文不仅对培养大学生研究兴趣的教师或学术基金单位有启发，也为我们写相关的结题汇报提供了一个高质量的范文。

1. 引言

2006年，位于美国科罗拉多州的科罗拉多矿业学院（Colorado School of Mines）数学与计算机系在美国国家科学基金委的资助下启动了一个为期三年的大学生研究体验（Research Experiences for Undergraduates，以下简称REU）项目。美国国家科学基金委是美国政府支持下的一个重要的基金机构，用于资助自然科学和工程方面的研究；而其支持的 REU项目旨在支持在校大学生参与有实际应用的研究活动。数学与计算机系受资助的REU项目被称为 “美国-香港数值分析与科学计算”，此项目分别于2006年至2008年的夏季以香港浸会大学为中心在香港举行。在香港设立REU项目的目的是为学数学的大学生提供一个参与具有国际水平数值分析和科学计算研究的机会，并拓宽他们的全球视野。在每届活动中，十名学生以分组的形式用八周的时间研究一些开创性的课题，每个小组由二至三名大学生组成，他们均是从美国各地的大学申请人中经过严格评审后选拔出来的。每个小组配备一名指导教师，这些教师来自包括香港浸会大学、香港城市大学、香港中文大学和香港理工大学在内的四所大学。

本文主要介绍美国基金委的REU项目，重点是香港站REU项目的独特之处。需要声明的是，本文的工作得到国家科学基金委的部分资助。另外，本文的观点和思想仅代表作者本人，并不一定代表基金委的观点。

1. Introduction

In 2006, the Department of Mathematical and Computer Sciences (MCS) at the Colorado School of Mines (CSM), located in Golden, Colorado, U.S.A., established a three-year Research Experiences for Undergraduates (REU) program funded by the National Science Foundation (NSF). The NSF is a major funding agency in science and engineering supported by the U.S. government. NSF REU programs are designed to support the active involvement of college students in meaningful research activities during their undergraduate education. The MCS REU program, entitled "United States-Hong Kong REU in Numerical Analysis and Scientific Computing", was held during the summers of 2006, 2007 and 2008, and was centered at Hong Kong Baptist University (HKBU). The purpose of establishing an REU program in Hong Kong was to provide undergraduate mathematics students with the opportunity to contribute to the exciting research being conducted in numerical analysis and scientific computing at an international level while also affording these students the chance to increase their global awareness. During each summer of the program, ten U.S. undergraduates spent eight weeks working on original research projects in teams comprising two or three student members supervised by a faculty member from one of four Hong Kong universities: HKBU, City University of Hong Kong, The Chinese University of Hong Kong and Hong Kong Polytechnic University. The student participants were selected from a broad spectrum of colleges and universities across the U.S. through a rigorous application and review process.

This article describes the NSF and its REU programs, the participating U.S. institution (CSM) and its prior REU efforts, and the unique Hong Kong REU program. It expands significantly upon [4] and [5] which focused only on the first year of this program; two additional years have since been completed. This work was partially funded by the NSF (grant DMS-0453600). The opinions and ideas expressed in this article are those of the authors and do not necessarily reflect those of the NSF.

2. 美国国家科学基金委和REU项目

1950年，美国国家科学基金委作为一个独立的美国联邦机构由美国国会批准建立，其目的是“推动科学的进步，推进国家的健康、繁荣和富裕，加强国防等等”。这一使命是通过提供科研资金给前沿课题研究人员来实现的，而选择资助的项目要通过严格的竞争筛选过程。它包括7个分部门：生物科学，计算机信息科学与工程，工程，地球科学，数学和物理科学，社会、行为和经济学，教育与人类资源，每一个部门又被细分为几个部分。其2009年的预算大致是65亿美元，其中约20%的基础研究是通过美国国家科学基金委的资助在大学和学院里完成的（参看：http://www.nsf.gov/about）。

美国国家科学基金委使命的一个重要组成部分就是对所有层次的科学和工程教育给予支持——从幼儿园到大学教育。REU项目就是其中一个大学生层次的例子。基金委推出REU项目是基于这样的理论：让学生较早地参与研究可以使他们更倾向于追求科学和工程领域（包括教学和相关的教育研究）的相关事业。

基金委资助两类REU体验：REU补加资助和REU站。 REU补加资助是拨款给受基金委资助的个人和团体，用来支持他们吸纳本科学生参加到基金委资助的项目中。如果其内容与其研究课题有关联，项目负责人可以直接向基金委申请REU补加基金，项目负责人也可以把REU作为新的研究计划的一部分向基金委申请。另一方面，REU站则不要求申请人有在研的基金项目，但需要呈交独立的计划去说明如何启动和发展让大学生参加研究项目。通常情况下，补加基金在学年和暑期都可以使用，而REU站基金则只支持暑期的项目。

3. 早年科罗拉多矿业学院的REU站基金

矿业学院于1874年在美国科罗拉多州金色市创立，为的是服务于科罗拉多的采矿社区。当1876年科罗拉多成为一个州的时候，矿业学院就成为一个州立学院。今天它是一个专门致力于自然资源、环境和相关领域的公立研究型大学。它是美国工程和应用科学方面最大的专业大学之一，大约有4000名学生，其中有800名研究

2. NSF and REU Programs

In 1950, the NSF was established by the U.S. Congress as an independent federal agency, “to promote the progress of science; to advance the national health, prosperity, and welfare; to secure the national defense…" [8]. This mission is fulfilled through the funding of limited term grants which are selected var a highly competitive merit review process. NSF comprises seven directorates: Biological Sciences, Computer and Information Science and Engineering, Engineering, Geosciences, Mathematics and Physical Sciences, Social, Behavioral and Economic Sciences, and Education and Human Resources, each of which is subdivided into divisions. NSF’s 2009 budget was approximately US$6.5 billion (see: www.nsf.gov/about/congress/111/highlights/cu09_0310.jsp). Around 20% of the basic research completed in U.S. colleges and universities is funded through the NSF (see: www.nsf.gov/about/).

A major component of NSF’s mission is the support of science and engineering education at all levels, pre-kindergarten through graduate education [8]; the REU program is one example at the university undergraduate level. The



美国国家科学基金委大楼

National Science Foundation Building

theory that supports the NSF/REU program is that early exposure to research will entice more students to complete advanced degrees, and pursue careers in science and engineering including teaching and related educational research. NSF funds two types of REU experiences [9]: REU supplements and REU sites. REU supplements are awarded to individual investigators or investigative teams to support the inclusion of undergraduate students in research being conducted as part of NSF funded programs. Investigators can request an REU supplement through a proposal which is directly linked to an existing NSF research grant or included as a component in a proposal for a new NSF research grant. NSF/REU site grants do not require that the applicant have a currently funded NSF project but are based on independent proposals to initiate and conduct projects that engage undergraduate students in research. Supplements typically provide financial support to students during either the academic year or the summer, whereas site grants only fund summer programs.

生。矿业学院在科罗拉多州中有着最高的招生标准，并且也是全美公立大学中招生标准最高的学校之一。

除了充满生机的研究生项目外，矿业学院的数学与计算机系还通过REU补加基金拨给在研项目和现有的国家科学基金站，为大学生提供提前研究的机会。这一基金站在前系主任Graeme Fairweather博士的指导下在矿业学院的校园内举办了2000年至2002年的暑期项目。这三届活动中，共有28名学生参加，其中2000年有9名，2001年有10名，2002年有9名，一共有13名女生，15名男生，他们是从175名申请者中选拔出来的。在历届项目的六周时间里，这些参与的学生2-3名结为一组，与数学与计算机系的一名教师或博士后一起做很有开创性的研究工作。

作为评估环节的一部分，REU学生在结束暑期项目之前，需要完成一个书面调查报告和面谈，调查报告包括17个莱克特量级问题，这些问题是关于刚刚参加的REU经历会怎样影响他们对数学研究的兴趣。学生们需要给17个问题打分（0-10级），分数越高就表明对这个问题越肯定。评估还包括一些自由回答的问题，比如“在科罗拉多矿业学院参加REU项目如何影响你的受教育和职业目标？”大多数的学生表示这个项目增加了他们对研究生学习的兴趣，而且更确信从事数学科学的职业适合他们。收集来的数据再度表明REU的学生一般会计划通过进入研究生院来继续他们的学习。事实上，10名女生和7名男生在参加完项目后就立即开始攻读研究生学位了。

4. 促成REU香港设站

2000年，基金委国际项目部开始鼓励美国的研究者建立国际REU站。一段摘自基金委的项目通告写道：“美国科学和工程研究队伍需要迎接全新的和不同技能的竞争。……最好的技术训练一定要懂得怎样将专业技术知识与社会大环境、本国国情、以及其它国家的目标相结合。”与这些目标相呼应，美国大学协会在《在全球化经济中取得成功，大学如何为学生做好准备》（见[6]）一文中将下面几条作为不可缺少的要素，它们对当今的大学毕业生来说也是至关重要的：i)需有不同小组之间分工合作的团队技能，ii)全局观念和发展观，

3. Prior NSF/REU Site Grant at CSM

CSM was established in Golden, Colorado, U.S., in 1874 to serve the mining community of Colorado. When Colorado became a state in 1876, CSM became a state institution. Today, it is a public research university with a special focus on natural resources, the environment, and related fields. It is one of the largest colleges of engineering and applied sciences in the U.S., serving a student population of approximately 4000 students including 800 graduate students. CSM has the highest admission standards of any university in the state of Colorado and has among the highest admission standards of public universities throughout the U.S. [2].



科罗拉多矿业学院校园

The Campus of Colorado School of Mines.

In addition to a vibrant program in graduate research, MCS had offered several prior opportunities for research experiences for undergraduates through REU supplements to existing NSF grants as well as an NSF site grant (DMS-9912293) in the mathematical sciences which was implemented on the CSM campus during the summers of 2000, 2001 and 2002, under the direction of Dr. Graeme Fairweather, former department head of MCS. Over the course of this three year program, there were a total of 28 student participants, nine in 2000, ten in 2001, nine in 2002, with 13 females and 15 males, selected from approximately 175 applicants. For six weeks during each summer of the program, the participating students worked in teams of two or three with an MCS faculty member on an original research project. The following refereed journal articles were produced as a result of this research; an asterisk (*) denotes an REU student author.

•B. Bialecki, G. Fairweather, D. B. Knudson, D. A. Lipman*, Q. N. Nguyen, W. Sun and G. M. Weinberg*, “Matrix decomposition algorithms for the finite element Galerkin method with piecewise Hermite cubics”, Numer. Alg., 52 (2009), pp. 1-23.

以及他们对未来将产生的影响。这些论点反映了美国一个日益增长的忧虑，那就是没有足够的学生特别是研究生层次的学生准备参与自然科学和工程的研发工作，也没有充足的学生准备参与全球经济竞争。在基金委的项目通告中重申"东亚呈现出培养科学和工程人员的鲜明挑战。东亚是对美国具有重要战略意义的地区，该地区拥有具有科学天赋的精英骨干、迅速发展的技术源泉以及为美国技术产品提供崭新市场的潜力"。在回复基金委的项目通告中，当时数学与计算机系的两位教师Fairweather博士和王军平博士提交了申请并且获得了REU补加形式的基金，这是对原来REU站基金的一个补充，用以支持他们去香港一周调查设立REU国际站的可行性。在香港期间，这两位学者会见了来自香港四所大学的代表。会谈的一个结果就是设立本文所说的新的REU项目的构想。随后由这两位博士和本文的第一作者起草的申请成功地获得了国家基金委的资助。

香港被选作可行的REU站有以下几点原因。第一，它集中了一些数值分析和科学计算方向有实力的大学；第二，Fairweather和王博士最近与香港地区进行数值分析与科学计算研究的大学进行了交流，感觉和这些教师们的合作很放松很愉快；第三，英语是香港的官方语言，这极大程度上降低了潜在的语言障碍；第四，香港被认为是有极小健康风险的地区。根据美国疾病控制和预防中心的说法，去香港的访客也要"遵循类似的健康预备措施，就象在美国旅行一样"；第五，香港被很多人视为中西方文化的融合体；最后一点，香港是亚洲最安全的城市之一。

5. 香港REU体检

这一国际REU项目的目标是：提高大学生追求数学科学方面高等学位的兴趣；以及为参加的学生们提供在数学科学方面体验高质量国际研究的机会。

这一节我们将讲述REU参加者和活动，以及相关目标是如何实现的。

参加者

每年，我们会从大约50名申请者中选出10名，根据他们在数学学科上的学习表现、职业兴趣和目标，还

•K. Bold*, C. Chen* and N. Dutzman*, "An introduction to the computation of American options", University of Texas Undergraduate Research Journal, 1 (2002), pp. 38-43.

•W. Navidi and E. Weinhandl*, "Risk set sampling for case-crossover designs", Epidemiology 13 (2002), pp. 100-105.

As part of the evaluation process, the students completed a written survey and an exit interview at the conclusion of the REU experience. The survey included seventeen Likert scale type questions in which the students rated the extent to which project participation had impacted their interest in research in the mathematical sciences. The evaluation also included free response questions, such as "How has participating in the REU program at the Colorado School of Mines influenced your educational and career goals?" The majority of students indicated that the program had increased their interest in graduate studies and reassured them that a career in the mathematical sciences was appropriate for them. The collected data additionally indicated that the REU students generally planned to further their education by continuing into graduate school. In fact, ten females and seven males pursued a graduate degree immediately after participating in the program.

4. Impetus for Hong Kong REU Site

In 2000, NSF's Division of International Programs began an effort to encourage U.S. researchers to establish international REU sites. A key excerpt from the NSF program announcement states: "The U.S. science and engineering (S&E) workforce is competing in a context that demands new and different skills and competencies…The best technical training must be combined with an understanding of how that expertise fits into the larger societal environment, into our overriding national goals, and into the goals of other nations." Consistent with these goals, the Association of American Colleges And Universities [6] identified the following learning outcomes as critical areas of need for recent college graduates: i) teamwork skills and the ability to collaborate with others in diverse group settings, and ii) global issues and developments and their implications for the future. These arguments reflect a growing concern in the U.S. that there are not enough students prepared in science and mathematics and there are not enough students prepared to participate in a global economy, especially at the graduate level [3, 7]. In the NSF program announcement, it was further argued, "East Asia presents clear challenges and opportunities for developing an S&E workforce. It is a region of strategic importance to the United States, with a strong cadre of scientific talent, a rapidly developing technological base, and the potential to provide significant new markets for U.S. technological products…" In response to NSF's program announcement, Dr. Fairweather and Dr. Junping Wang, both MCS faculty members at that time, submitted a proposal and received funds in the form of a supplement to the original REU site grant to support a visit to Hong Kong and investigate the feasibility of establishing an REU site (DMS-0206884). This visit led to the creation of the REU program described in this article (DMS-0453600).

Hong Kong was selected as a potential REU site for several reasons. First, its concentration of universities with excellence in numerical analysis and scientific computing is exceptionally strong. Second, Drs. Fairweather and Wang had previously interacted with numerical analysis and scientific computing university

有他们是否乐意参与这一海外项目。大多数参加者是从基金委网站上了解到此项目的，还有一些则是通过系里的教师了解到相关信息。这些教师能定期收到美国数学协会的电子通知，并且大都在参与美国应用和计算数学方面的研究项目。在总共三次活动的三十名学生参加者中，除去其中5名外都在一年内完成本科学业并且都声明主修数学。

基金委鼓励参与者来自a)科学和数学界的弱势群体（类似于中国的少数民族）；b)研究机会受限制的学术单位；c)非主办单位。每年此项目招收5名女生5名男生；总共三次活动的三十名参加者中两名是西班牙人或葡萄牙人；他们来自于24间大学，其中只有5间为博士学位授予单位；30名学生中，只有5名来自于科罗拉多矿业学院。在美国的数学界，女性和西班牙或葡萄牙裔学生被分类为弱势群体。虽然大多数参加者都有过研究经历，但是这次却是他们第一次有海外旅行的机会。

国际旅行和研究的准备

在前往香港之前，学生们会被分配到研究小组中，小组是由香港的一间大学的教师和两至三名学生组成。随后很快他们之间就建立起电子邮件往来。此外，这些学生还会拿到一些有关课题和实际问题的资料，后者包括当地文化的知识、旅行安排、保险事务、食宿、健康和安全等方面。除此之外，他们还要完成一份评估问卷，这在第六节将会提到。

每次暑期活动中，在五月的最后一周，学生们会在香港旅游。国家基金委指定的首席调查员Fairweather博士陪同学生们一起，住在香港浸会大学的吴多泰国际中心宾馆。这个校内住宿安排为REU的学生们提供了一个愉悦的环境，购物、就餐和交通都很方便。主办单位还为学生小组提供了办公空间以及享用图书馆和计算设施的便利，最重要的当然是提供了做为研究顾问的优质教师。

研究计划

参加项目的香港老师们在活动期间担任14项研究课题；这些课题和研究团队以及他们所属的单位都列在附录中。原本希望所有的学员在常微分方程，线性代数，数值方法，编程语言例如C，Fortran或者Matlab方面有

faculty from this region, providing ease in communication and comfort among the faculty participants. Third, English is the official language in Hong Kong, minimizing the potential of language barriers. Fourth, Hong Kong is recognized as a country that provides minimal health risks. According to the U.S. Center for Disease Control and Prevention, visitors to Hong Kong should "observe health precautions similar to those that would apply while traveling in the United States". Finally, Hong Kong is one of the safest cities in Asia.

5. Hong Kong REU Experience

The project goals for this international REU program were:

•to increase undergraduate students' interests in pursuing advanced degrees in mathematical sciences; and

•to provide participating students with a high quality international research experience in the mathematical sciences.

This section describes the REU participants, and the activities that were designed to support the attainment of these goals.

Participants

Each year, ten participants were selected from a pool of approximately fifty applicants, based on their academic performance in the mathematical sciences, career interests and objectives, and readiness to pursue an overseas project. Most of the participants learned of the program from the NSF webpage listing all such programs [11]. Others learned of it from faculty members who received electronic



REU 香港站的第一批学生.

REU 2006 students in Hong Kong

fliers sent through list servers of the Mathematical Association of America and other leading U.S. programs in applied and computational mathematics. All but five of the 30 student participants were within one year of completing an

很强的基础。但是这并不现实，因为在美国的大学教育环境下，一些重要的专业课程通常是在最后一个学年修完的。考虑到这一点，我们要非常谨慎地保证每个小组能聚集起来指定课题所需要的各种技能。这些学生很有天赋，并能很快激发起处理知识不足的积极性，这主要是通过他们之间的相互合作达到的。

在活动期间，学生小组会向Fairweather博士以及其它学生做几次口头的进展报告。这些中期报告包括讨论他们取得的成果的讨论，遇到的问题和解决方法，以及接下来的课题目标。在活动要结束的时候，每个小组要准备一个最终的书面报告并给出一个30分钟的演讲。听取最终报告的包括做研究顾问的教师和来自香港浸会大学的师生。

Fairweather博士在整个活动中自始至终作为一个直接的全权顾问和领导，当学生们遇到课题有关的困难时，会直接帮助他们。学生们还可以以小组或者个人的形式约见他并和他讨论不同的问题，诸如研究生学习以至职业选择。

研究之余的活动

每年，REU的学生都有机会参加一些既定安排之外的活动，为的是让他们置身于更广阔的国际数学研究的视野之下。例如，许多REU学生参加博士生的答辩和听取访问学者的报告。他们还有机会参与学术会议，包括在2006年六月由香港浸会大学主办的第二届结构矩阵国际研讨会；2008年六月由香港城市大学主办的应用数学的模型分析和计算方法国际会议，以及同年在香港举办的国际计算数学基础研究系列会议的香港站会议。有两名2007年的学生参加了在香港举办的亚太区教育的职业领袖论坛。

2006年的REU学生还有机会与来自斯坦福大学的享有盛誉的Gene Golub院士进行非正式的讨论。随后Golub院士出席了在香港中文大学专门为REU学生开设的研讨班。

在2007年和2008年的活动中，澳门大学数学系金小庆教授安排REU学生到澳门大学进行为期一日的访问。在那里，他们参加了讨论会并会见了那里的研究生。当地的研究生还引领他们参观了校园和澳门市。另外，一

undergraduate degree and all had a declared major in the mathematical sciences.

The NSF encourages the participation of underrepresented groups, students from academic institutions where research opportunities are limited and students from institutions other than the host institution. Each year, the program involved five female students and five male students; two of the 30 participants were Hispanic; of the 24 colleges and universities represented by the participants, only five are Ph.D. granting institutions; and, of the 30 participants, only four were from CSM. In the mathematical sciences, both women and Hispanic students are classified as underrepresented in the U.S.A. Most of the participants had prior research experience but for many this was their first opportunity for foreign travel.

Preparation for Travel and Research

Before departing for Hong Kong, the students were assigned to research teams comprising a faculty member from a participating Hong Kong university and two or three REU recipients; these individuals immediately began electronic interaction. The students were also provided background material regarding their project and addressing practical issues, such as cross-cultural understanding, travel arrangements and insurance matters, accommodation and food, and safety and health concerns. Moreover, they were asked to complete and submit preliminary assessment activities which are described in the Assessment and Evaluation section of this article.

Over the three summers of the program, the participating students traveled to Hong Kong during the last week of May. The principal investigator of the NSF award, Dr. Fairweather, also traveled to Hong Kong, and stayed with the students in the Ng Tor Tai (NTT) International House at HKBU. This on-campus housing provided a pleasant environment for the REU participants, conveniently located for shopping, dining and transportation. The host institutions provided the student teams with office space and computing facilities

Research Projects

Fourteen research projects developed by participating Hong Kong faculty members were undertaken over the course of the program. These are listed in Appendix I together with the members of the research teams and their affiliations. It was originally expected that all of the student participants would have a strong grounding in ordinary differential equations, linear algebra, and numerical methods, together with knowledge of a programming language such as C, Fortran or Matlab. However, this proved to be rather unrealistic since a key prerequisite course, numerical methods, is often a final year course in a standard U.S. undergraduate curriculum. In view of this limitation, care was taken to ensure that each team collectively had the requisite skills for the project to which they were assigned. The students were sufficiently talented and well motivated that they quickly addressed any deficiencies in their knowledge, primarily through their interactions with other participants.

During the course of the program, the student teams presented several oral progress reports to their peers and Dr. Fairweather. These interim reports included a discussion of accomplishments, problems encountered and solutions, and the remaining project goals. At the end of the program, each team was required to prepare a final written report and give a 30 minute oral presentation.



REU 香港站的第二批07年学生

REU 2007 students in Hong Kong

年一度的乘船巡游香港是由香港中文大学计算机科学与工程系的蒙耀生教授组织的。蒙教授研究小组的学生们也参与了这些充满欢乐的游船活动。

6. 评估

评估是美国国家科学基金委对REU项目验收的重要部分。作为基金委资助项目的一部分，研究者们被要求收集和分析数据资料，目的是检查REU活动的效果。本文第一作者领导了评估的全部工作。

项目的前后文

在前往香港之前，REU的学生们被要求写一篇小短文（REU项目中称为“前文”），内容主要是他们将来对数学和数学界的贡献会是什么。结束项目回来后，他们要提交一篇小短文（REU项目中称为“后文”），主要是如何基于他们在香港的体验修改前文的。在他们的前文里，所有的学生都表明他们打算攻读数学或相关领域（也就是数学、计算机科学或物理）的研究生，并且大约半数学生对在这些科目之一取得博士学位感兴趣。绝大多数学生还表示他们有兴趣将来从事大学的数学教学和研究的工作。大多数学生的后文表明REU体验不仅没有改变他们的初衷，而且加强了这个愿望。REU的经历使得大多数学生坚信读研究生和从事数学工作更加适合他们。

每周反思

在项目的前七周，每周结束的时候，学生们要提交

Attendees at this presentation included faculty research mentors and faculty members and students from HKBU. Dr. Fairweather acted as a direct resource to the students throughout the program, assisting students when projected-related difficulties emerged. The students also met informally with him in small groups or individually to discuss various issues such as graduate studies and career options.

Activities Beyond Research

Each year, there were opportunities for the REU students to participate in activities designed to expose them to a broader scope of international mathematical research beyond what they were completing. For example, many of the REU students attended Ph.D. defenses and listened to talks given by visiting speakers. They also had the opportunity to attend and participate in research conferences, including the 2nd International Workshop on Structured Matrices at HKBU (2006), and, at City University in 2008, the International Conference on Applied Mathematics: Modeling, Analysis and Computation and the Foundations of Computational Mathematics Conference. Two of the 2007 participants attended the Asia-Pacific Professional Leaders in Education Conference held in Hong Kong in July 2007.

The 2006 REU students also had the opportunity to have tea and informal discussions with the now late Dr. Gene Golub, the renowned numerical analyst from Stanford University. As a result of this meeting, Dr. Golub later presented a seminar on the history of scientific computing at the Chinese University specifically for the REU students. During the 2007 and 2008 programs, the students made a day trip to the University of Macau arranged by Dr. X. Q. Jin of the University of Macau's Mathematics Department. There, they attended a seminar and met with graduate students, who provided a guided tour of the campus and city. An annual cruise was organized Dr. Yiu Sang Moon of the Department of Computer Science and Engineering at the Chinese University. This was attended by the REU students and graduate and undergraduate students in Dr. Moon’s research group.

6. Assessment and Evaluation

Assessment and evaluation are central components of the NSF/REU

一个书面的答复回答下面的问题："反映过去一周的经历，解释你从文化上和数学上所学到的东西。"每年学生们的回答都是类似的。第一周和第二周大多数学生主要报告文化方面所见。在第三周，学生们所反映的更多地专注到数学和他们所研究的问题上来。到第四、第五周学生们开始对他们在研究中的进步表示满意。在第六周，学生们主要关心的是完成他们课题的时间不够。到第七周，学生们开始对他们的研究成果表示满意。在他们即将启程返家之际，学生们表达了既兴奋又遗憾的心情。

小组讨论

在项目的进行过程中，Fairweather博士领导着一个



REU学生课外时间去体验香港
The REU students found time to explore HK

由学生组成的讨论小组，目的是评估学生体验的质量，并且听取一些改进的建议。同时，作为研究顾问的教师们也组织了一个讨论小组，目的是从教师们当中获取一些有用的信息以便及时改进项目。

结题谈话

在研究计划结束的时候，每一个参加的学生要完成一次与Fairweather博士的结题谈话。谈话的目的是从学生们的体验中获得深层次的信息，以及确定参与此项目对学生未来目标的影响。

香港教师们的评估

作为评估过程的一个组成部分，香港的研究顾问们



REU 香港站的第三批08年学生
REU 2008 students in Hong Kong

experience. As part of any NSF funded project, researchers are required to collect and analyze data with the purpose of examining the effectiveness of the program. Dr. Barbara Moskal of MCS led the assessment and evaluation effort.

Pre and Post Project Essays

Prior to their leaving for Hong Kong, the REU students were asked to write an essay, referred to herein as a pre-essay, describing what they perceived would be their future contributions to mathematics and the mathematics community. Upon returning from the program, they submitted a post-essay that described how they would revise their pre-essay based on their experiences in Hong Kong. In their pre-essay, all students indicated their intention to attend graduate school in a mathematical field (i.e., mathematics, computer science or physics), and approximately half expressed interest in acquiring a Ph.D. in one of these disciplines. The majority of students also indicated that they had an interest in seeking a career that included college level instruction and/or mathematical research. The majority of the post-essays indicated that the experience had not changed their future aspirations, but rather had reinforced them. Most students felt that the REU experience confirmed that graduate school and a mathematical career were appropriate for them.

Weekly Reflections

At the end of each of the first seven weeks of the program, students submitted written responses to the following: "Reflect on the past week's experiences. Explain what you learned both mathematically and culturally." Each year, the students' responses were very similar. At the end of the first and second weeks, most students primarily reported cultural observations. Student reflections began to focus more on mathematics and on problems that the students were experiencing with their research by the end of the third week, and in weeks four and five, students began to express satisfaction with the progress of their research. During the sixth week, a major concern of the students was the lack of time to complete their projects. By the seventh week, the students began expressing satisfaction with the outcomes of their research. Students also expressed both excitement and regret at the prospect of returning home.

被要求给他们的每一个学生按下面这几项打分：对研究团队的贡献、最后提交的研究报告质量，以及未来的研究潜能。所有学生的每项评分都在中等或以上。实际上绝大多数学生的总评都是优秀。

结题调查

在每届REU活动结束的时候，那些参加的学生们要完成一个书面的调查报告，这份调查引用文献[10]即《项目主任手册：大学生国际研究经验的成功范例》中的问卷，包括大约50个问题，是专门为评价下面几个问题设计的：(1)活动的组织质量；(2) 学习环境；(3)学生学习的质量；(4)学术资源和学生资助；(5)活动的管理。每一位做研究顾问的老师也要完成一份书面的调查报告，这份调查是上述文献中供教师用的相应问卷，要回答的问题包括：i) 活动的组织质量；ii)学生的质量以及学生和老师的配合；iii)活动的管理；iv)顾问的培训。 两项调查都从参加者那里得到了积极的回应。



REU 学生在办公室里和当地学生讨论问题

REU students communicated with local student

7. 课题成果

下面我们提供这个项目的成果来证明该项目的有效性。许多REU学生基于他们的课题做了会议报告，并且有两个会议报告获了奖。有几个学生还以期刊论文的形式发表了合作的工作。还有些学生发表了关于REU体验本身的报道。这些论文的合作者也在学术会议上做了报

Focus Groups

Dr. Fairweather led a focus group discussion with the students halfway through the program. The purpose of this focus group was to evaluate the quality of the students' experience up to that point, and to acquire suggestions for improvement. At the same juncture, a focus group was also held among the faculty research mentors. The purpose of this activity was to acquire information from the faculty members that was used for immediate project improvement.

Exit Interviews

At the conclusion of the research experience, each of the participating students completed an exit interview with Dr. Fairweather. The purpose of this interview was to acquire in-depth information concerning the student's experiences in the program and to determine how participation in the program had influenced the student's future goals.

Evaluations provided by HK Faculty

As part of the evaluation process, the faculty mentors in Hong Kong were asked to rate each of their students with respect to the following: contributions to the research team, the final submitted research project, and future research potential. All of the students were evaluated to be “Average" or above with respect to each question. In fact, the majority of students received a rating of “Excellent".

End of Program Surveys

At the conclusion of each session of the REU program, the participating students completed a written survey based on [10] and containing approximately 50 questions. This survey was specifically designed to evaluate the following: i) the organizational quality of the program, ii) the learning environment, iii) the quality of student learning; iv) resources for academic and student support; and v) the program's administration. Each faculty advisor also completed a written survey based on [10] in which they responded to questions concerning: i) the organizational quality and overall experience, ii) the quality of student participants and the student-adviser match; iii) program administration; and iv) adviser orientation. Both instruments resulted in positive responses from the participating groups.

7. Project Outcomes

Evidence to support the effectiveness of this program is also provided through the project outcomes. Many of the REU students gave conference presentations based on their projects, and two received awards for these presentations. Several of the students also published their collaborative work as journal articles. Still others wrote and published accounts of the REU experience itself. The co-authors of the current article also presented conference papers and published articles concerning this experience. This section summarizes these outcomes.

Conference Presentations and Awards

In total, eight conference presentations which included the participation

告并发表了涉及REU体验的论文。本节简要总结一下这些成果。

学生的会议报告和奖项

11名REU学生参与完成了8个会议报告，并获得了两个奖项。详细情况如下（其中括号中的内容表示学生参加REU的年份）：

•Tyler Drombosky(2007年)在美国数学协会（英文缩写MAA）2007年加州数学节上获得优秀学生论文奖；

•Alyson Burchardt(2007年)获得2008年科罗拉多矿业学院大学生论文奖；

•Michael McCourt(2006年)等在Argonne国家实验室的第七届大学生科技和数学年会上报告研究成果，其合作者是 Nicholas Dovidio （2006年） 和 Michael Gilbert (2006年)；

•Michael McCourt(2006年)等在2007年美国工业与应用数学学会计算科学和工程大会上报告研究成果；

•Samantha Summerson(2006年)在上面的2007年大会上报告研究成果，其合作者是Meghan Belinski（2006年） 和 Andrea Martinez(2006年)；

•Sarah Khasawinah(2008年)在美国数学协会2008年年会和美国女大学生数学年会上做学术报告；

•Samantha John(2008年)在第十一届美国女大学生数学年会上做学术报告；

•Anna Meade(2008年)在美国数学协会路易安那和密西西比州第86届年会上作报告。

期刊论文

另外，8位学生独立或和其它学生合作完成了四篇高质量的学术论文，其中有两篇论文已经发表在SCI期刊上。另外，我们两个REU学生把REU香港站的经历整理成一篇通讯，发表在2006年11月的美国《工业与应用数学会通讯》上。

8. REU参加者的结项后成果

我们一直在努力追踪REU学生结束活动后所取得的

of eleven REU students were made and these resulted in two awards. These are summarized here.

•Tyler Drombosky (Participant 2007) was designated a 2007 AMS Award Winning Pi Mu Epsilon Student Speaker for his paper “Effective Condition Number” presented at the MAA MathFest 2007, San Jose, California, August 2007.

•Alyson Burchardt (Participant 2007) won the undergraduate award at the Colorado School of Mines Student Research Fair for a poster entitled “Super-Resolution Image Reconstruction”, April 2008.

•Michael McCourt (Participant 2006): “Chebyshev Collocation Methods for Resolving Spike Dynamics in the GM Reaction-Diffusion Model", Seventeenth Annual Symposium for Undergraduates in Science, Engineering and Mathematics, Argonne National Laboratory, November 2006. The paper was co-authored by Nicholas Dovidio (Participant 2006) and Michael Gilbert (Participant 2006).

•Michael McCourt (Participant 2006): “Spike Dynamics in the Gierer-Meinhardt Model using Chebyshev Collocation Methods", SIAM Conference on Computational Science and Engineering, Costa Mesa, California, February 2007. The paper was co-authored by Nicholas Dovidio and Michael Gilbert.

•Samantha Summerson (Participant 2006) presented a poster, “Wavelet Algorithms for High-Resolution Image Reconstruction", SIAM Conference on Computational Science and Engineering, Costa Mesa, California, February 2007, co-authored by Meghan Belinski (Participant 2006) and Andrea Martinez (Participant 2006).

•Sarah Khasawinah (Participant 2008): “Evaluation of Hypersingular Integrals using Numerical Methods”, Eastern Pennsylvania and Delaware Section of the MAA, Ursinus College, Collegeville, Pennsylvania, November 2008, and The Eleventh Annual Nebraska Conference for Undergraduate Women in Mathematics, Lincoln, Nebraska, January 2009.

•Samantha John (Participant 2008): “Predicting Exchange Rates using Artificial Neural Networks”, The Eleventh Annual Nebraska Conference for Undergraduate Women in Mathematics, Lincoln, Nebraska, January 2009.

•Anna Meade (Participant 2008): “HYmini Wind-Powered Charger Data Approximations”, MAA Louisiana/Mississippi Section 86th Annual Meeting, Mississippi College, Clinton, MS, March 2009.

Journal Articles

Eight students co-authored journal articles. These are listed below with * indicating an REU student author.

•M. McCourt*, N. Dovidio* and M. Gilbert*, “Spectral methods for resolving spike dynamics in the Geirer-Meinhardt model”, Communications in Computational Physics, 3 (2008), pp. 659-678.

•T. W. Drombosky*, A. L. Meyer* and L. Ling, “Applicability of the method of fundamental solutions”, Engineering Analysis with Boundary Elements, 33 (2009), pp. 637-643.

•E. Bassiri*, G. Fairweather and J. C.-F. Wong, “A finite element approach

成绩和专业成果。本节列出了REU学生所取得的成绩。虽然这些成绩未必能直接或完全归功于REU体验，但是他们的确反映了这些参加学生的质量。

•2006届的学生中，以下7名攻读了研究生：Nicholas Dovidio(斯坦福大学)， Michael Gilbert (亚利桑那大学)， Amanda Harsy(肯塔基大学)， Jonathan Maack(科罗拉多矿业学院)，Michael McCourt(康奈尔大学)，Samantha Summerson(莱斯大学)，和Chelsea Weitzel(科罗拉多矿业学院)。Jonathan Maack和Chelseas Weitzel自从完成硕士学位后就受雇于科罗拉多丹佛的航空航天公司。Nicholas Dovidio也已经完成硕士学位，现正受雇于纽约市的巴克莱投资银行。

•2007年的参加者中：Alyson Burchardt(布兰德斯大学) 和Bryan Romero(科罗拉多大学博尔德分校)正在读研究生，Tyler Drombosky(马里兰大学)， Ely Spears(布朗大学)和Christopher Phillips (德克萨斯大学)将在2009年秋季攻读研究生。

•Ashley Meyer现在正服务于和平工作队，在西非的几内亚教数学。和平工作队是约翰•肯尼迪总统于1961年创立的，目的是促进世界和平和国际间的理解。他还将继续出席在香港浸会大学举行的其它活动，而且他的肖像这三年里一直出现在浸会大学的校园海报上，用于推广浸会大学的国际化教育。

•Elizabeth Cheever(2007届)于2008年的春季学期在苏格兰爱丁堡大学学习。最近她被选拔出来参加“为美国而教”的项目，在即将毕业之际，她接受了一个在乔治亚州亚特兰大的教学职位。“为美国而教”是一个国家团队，成员包括新近毕业的杰出大学生和专家，他们愿



REU的学生和导师在香港浸会大学;后排中是Golub院士

REU students advisors and Gene Golub in HKBU

for the Brusselator model”, preprint.

Articles Concerning the REU Program

Two papers providing a student perspective of the international REU program were also published.

•N. Dovidio* and S. Summerson*, “An international REU program: a student perspective”, SIAM News, November 2006, p. 20.

•S. Summerson*, “U.S.-Hong Kong Undergraduate Research", 2006/2007 Newsletter, Department of Mathematics, The Chinese University of Hong Kong

Faculty Presentations and Publications

Six presentations and two published articles were completed by the authors of this article.

•G. Fairweather and B. Moskal, “Research Experiences for Undergraduates Program in Numerical Analysis and Scientific Computing”, Proceedings of the Conference on Promoting Undergraduate Research in Mathematics, J. Gallian, ed., American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 2007, pp. 207-212.

•G. Fairweather and B. Moskal, “An International Research Experiences for Undergraduates Program in Computational Mathematics: A Collaboration among Hong Kong Universities and the Colorado School of Mines”, Rocky Mountain Section of the Mathematical Association of America Newsletter, Fall 2006, pp. 15-16.

•G. Fairweather and B. Moskal, “Research Experiences for Undergraduates: Attracting the Next Generation of Talent to Mathematical Research", 2006 Korea-USA Forum for Attracting Gifted/Talented Students into Science and Engineering, Seoul, Korea, June 2006.

•G. Fairweather and B. Moskal, “An International REU in Hong Kong”, The Joint Mathematics Meetings, New Orleans, Louisiana, January 2007.

•G. Fairweather and B. Moskal, “A Research Experience for U.S. Undergraduate Students in Hong Kong”, Asia-Pacific Association for International Education Conference and Exhibition - APAIE, Waseda University, Tokyo, Japan, March 2008.

•G. Fairweather and B. Moskal, “International Research Experience for Undergraduate Mathematics Students: A Collaboration Between the U.S. and Hong Kong”, The Joint Mathematics Meetings, San Diego, California, January 2008.

•G. Fairweather and B. Moskal, “An International Research Experience for Undergraduates in Numerical Analysis and Scientific Computing”, SIAM Annual Meeting, San Diego, California, July 2008.

•G. Fairweather and B. Moskal, “Learning Mathematics through International Collaboration”, 4th QS Asia Pacific Professional Leaders in Education Conference - QS-APPLE, Yonsei University, Seoul, Korea, July 2008.

意投入两年的时间致力于城镇的公立学校教学。

•Mindy Schockling(2007届)于2009年的春季在南非开普敦大学学习了一个学期。

•Alyson Burchardt(2007届)，Elizabeth Cheever(2007届)，Tyler Drombosky(2007届)和 Bryan Romero(2007届) 被2008年国家安全局局长的暑期课程录取，这是一个具有极高竞争力的课程，专门招收数学方面优异的美国学生。

•Bryan Romero(2007届)和Tyler Drombosky(2007届)分别于2008年和2009年的春季参加了在匈牙利布达佩斯的数学课程。这个课程吸引了北美那些热衷于数学，愿意受益于匈牙利数学和乐意体验布达佩斯生活中跨文化探险的学生们。

•Ely Spears(2007届)被授予美国国防科学和工程研究奖金。这一研究奖金是美国国防部授予在科学和工程方面表现出特殊才能的美国公民和永久居民的。

•Tyler Drombosky(2007届)取得了Goldwater奖学金，这个奖学金的获得者是从全美理工科优秀的三年级和四年级的大学生中竞争产生的。

•2008年的四名参加者将在2009年秋季攻读研究生：Claire Curtis(匹兹堡大学)，Anna Meade(北卡罗来纳州立大学)，Sarah Khasiwanah(约翰霍普金斯大学)，



REU的学生被选中为浸会大学的宣传帖上

REU student with HKBU student are in campus poster

8. REU Participants' Post-Program Achievements

Continuing efforts are underway to track the professional accomplishments of the REU students beyond project participation. This section lists the known accomplishments of former REU participants. Although these accomplishments may not be directly attributed to the REU experience, they do reflect the quality of the student participants.

•Of the 2006 students, the following seven entered graduate programs at the indicated institutions: Nicholas Dovidio (Stanford University), Michael Gilbert (University of Arizona), Amanda Harsy (University of Kentucky), Jonathan Maack (Colorado School of Mines), Michael McCourt (Cornell University), Samantha Summerson (Rice University), and Chelsea Weitzel (Colorado School of Mines). Jonathan Maack and Chelseas Weitzel have since completed master's degrees and are employed by aerospace companies in Denver, Colorado. Nicholas Dovidio has also completed a master's degree and is now employed by Barclays Capital in New York City. Samantha Summerson is the fourth in this group to complete a master's degree, and is now pursuing a doctorate.

•.Of the 2007 participants: Alyson Burchardt (Brandeis University), Tyler Drombosky (University of Maryland, College Park), Christopher Phillips (Texas A & M), Bryan Romero (University of Colorado, Boulder), Mindy Schockling (Air Force Institute of Technology) and Ely Spears (Brown University) are in graduate school at the indicated institutions.

•Ashley Meyer is currently serving with the Peace Corps, teaching mathematics in Guinea, West Africa. The Peace Corps was established by President John F. Kennedy in 1961 to promote world peace and international understanding. Ashley continues to have a presence at HKBU where she appears in several posters around campus promoting various aspects of a HKBU education.

•Elizabeth Cheever (2007) spent the spring semester 2008 studying abroad at the University of Edinburgh, Scotland. In 2009, she was selected to participate in the "Teach For America" program and, soon after her graduation, she accepted a teaching position in Atlanta, Georgia. Teach For America is a national corps of outstanding recent college graduates and professionals who are willing commit two years to urban and rural public school teaching.

•Mindy Schockling (2007) spent the spring semester 2009 studying abroad at the University of Cape Town, South Africa.

•Alyson Burchardt (2007), Elizabeth Cheever (2007), Tyler Drombosky (2007) and Bryan Romero (2007) were accepted into the 2008 National Security Agency's Director's Summer Program, a highly competitive program involving exceptional U.S. students in undergraduate mathematics.

•Bryan Romero (2007) and Tyler Drombosky (2007) participated in the Budapest Semester in Mathematics Program in Budapest, Hungary, during the spring semesters of 2008 and 2009, respectively. This program attracts North American students "who are serious about mathematics, likely to benefit from the experience of mathematics Hungarian style, and who are excited about experiencing the intercultural adventure of living in Budapest".

•Ely Spears (2007) was awarded a National Defense Science and Engineering Fellowship. Such fellowships are awarded by the U.S. Department of Defense to

Timothy Penderghest(克拉克森大学)。

•Jason Pearson(2008届) 接受了在中国锦州的辽宁科技大学教英语的职位。

•Michael McCourt(2006届)，Samantha Summerson(2006届)和Sarah Khasiwanah(2008届)获得国家自然科学研究所奖学金，这个奖学金是用来资助有硕士和博士学位的在科学、技术、数学学科有杰出表现的研究生们的。

•Michael McCourt(2006届) 于2009年7月被选拔出来，参加在香港科技大学的约翰霍普金斯英才中心的教学项目，这是香港科技大学和约翰霍普金斯大学为有学术天赋的中学生而举办的联合项目。此外，他还在2008年6月协助REU项目在香港浸会大学举行。

•Cole Mcgee(2008届) 是美国数学协会2008年全国数学历史论文竞赛第二名得主。(见 www.homsigmaa.org/news08.pdf)。他在2009年8月接受了一份在科罗拉多一所中学教学的职位。

•2009年5月，Sarah Khasiwanah(2008届) 在布尔茅尔学院获得数学和英语的学士学位（最高荣誉）和数学的硕士学位；Eugene Milman (2008届) 在纽约州立大学获得了数学和生物化学的学士学位和应用数学与统计学的硕士学位。这两名学生只用了4年的时间就取得了学士和硕士学位。

需要指出的是，因为2008届的学生大多数在2008-2009学年底本科毕业了，他们取得的许多成绩现在还未收集到。

9. 细说目标

本文伊始我们讨论过，这个国际REU项目的目标是：(1)提高大学生在数学方面追求高等学位的兴趣；(2)为参加者提供一次体验高质量国际研究的机会。

在举办完第一届REU项目后，我们针对这些目标进行了评估。这些参加项目的学生们并非全部都提高了追求高等学位的兴趣。事实上，根据选拔原则，多数学生维持他们原来的打算，那就是追求研究生水平的学位并且从事数学方面的工作。正是因为对这个领域有兴趣，学生们才申请并参加了这个项目， REU项目的经历是加强而不是改变他们的职业目标。因此，在举办第二届活动的时候，我们将第一条目标修改为：为有兴趣追求数学方面高等学位的学生提供一个机会，让他们对数学研究的本性有更好的理解。

U.S. citizens and permanent residents who have demonstrated ability and special aptitude for advanced training in science and engineering.

•Tyler Drombosky (2007) received a Goldwater Fellowship, a highly competitive merit based scholarship in mathematics, science and engineering awarded through a competitive process to students across the U.S. in their junior (third) and senior (fourth) year of college.

•Four of the 2008 participants entered graduate school in fall 2009 at the indicated institutions: Claire Curtis (University of Pittsburgh), Anna Meade (North Carolina State University), Sarah Khasiwanah (Johns Hopkins University), and Timothy Penderghest (Clarkson University).

•Jason Pearson (2008) is teaching English at Liaoning University of Technology in Jinzhou, China.

•Michael McCourt (2006), Samantha Summerson (2006) and Sarah Khasiwanah (2008) received National Science Foundation Graduate Fellowships, a program that supports outstanding graduate students in NSF-supported science, technology, engineering, and mathematics disciplines who are pursuing research-based master's and doctoral degrees.

•Michael McCourt (2006) was selected to teach in the 2009 Johns Hopkins University Center for Talented Youth (CTY) at Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) during July 2009, a joint program between CTY and HKUST for academically talented middle and high school students. He spent June 2008 assisting in the 2008 REU program at HKBU.

•Cole Mcgee (2008) placed second in the 2008 National History of Mathematics Paper Competition sponsored by the History of Mathematics Special Interest Group of the Mathematical Association of America for his paper “Jean le Rond D’Alembert: Mathematician, Philosopher, and Man of Letters” (posted at www.homsigmaa.org/news08.pdf). He nowholds a high school teaching position in Colorado..

•In May 2009, Sarah Khasiwanah (2008) received a bachelor’s degree in Mathematics and English (summa cum laude) and a master’s degree in Mathematics from Bryn Mawr College, and Eugene. Milman (2008) received a bachelor’s degree in Mathematics and Biochemistry and a master’s degree in Applied Mathematics and Statistics from CUNY Hunter College. Both graduated after only four years of study.

It should be noted that, since the majority of the 2008 cohort completed their undergraduate education at the end of the 2008-2009 academic year, many of their accomplishments are not yet known.

9. Refinement of Goals

As was discussed at the beginning of this article, the project goals for this international REU were: to increase undergraduate students’ interests in pursuing advanced degrees in the mathematical sciences; and to provide participating students with a high quality international research experience in the mathematical sciences.

After implementing and evaluating the first year of the REU program, these

通过我们的评估活动，再加上项目成果和项目结束后取得的一些成绩，有充分的证据表明我们基本实现了修改后的第一条目标和原来的第二条目标。

10. 结束语

最近的几则出版物强调了在海外地区大学生从事研究的重要性和好处，《大学生海外研究：挑战与回报》（见[1]）中指出“大学生从事境外研究活动的成果表明，不同的文化环境会加强学生获得跨领域知识的能力”。2007年发表的有关大学生的国家普查，见[12]，其信息是基于随机抽取的大约三十一万名大一和大四的学生的调查，这些学生来自于美国和加拿大的610所四年制大学。其研究结果表明：完成高影响的活动，例如大学期间去国外学习和研究，会推动学生在各个领域的表现，包括批判性思考、解决现实世界的问题、与他人有效合作等。那些在在境外学习过的学生回到自己的校园后，更愿意经常参加一些教育方面的有既定目标的活动。由此我们坚信这项REU项目在结束后仍对参加者起到了积极的作用。

毫无疑问，参加REU的学生在文化、专业和学术方面都受益良多。但是，作为研究顾问的香港的教师们并未从中得到显然的好处。作为一个学生导师需要大量的时间和精力，但是这些香港的教师们既没有得到财务补偿也没有从他们院系得到必要的奖励。也就是说香港教师们付出的时间纯粹是无偿的。这个因素大大缩减了这个项目的连续性，原因就是我们只能要求教师们在非常有限的时间内付出免费劳动。

作为数学科学范围的47项基金委支持的REU项目之一，香港REU项目建立之初，是当时仅有的两个国家项目之一。另一项是罗格斯大学与捷克布拉格的查理大学合作（见[14]），已经举办好几届了。REU项目为实现基金委培养多元的、具有国际竞争力的和全球参与的科技人员这一目标做出了重要的贡献。在当前获资助的数学科学方面的58个REU站中，只有罗格斯大学站有国际交流。建立更多的国际REU站遇到的主要困难是用于支持国外参加者的资助太有限。从2008年以后我们决定不再申请连续举办这项活动有以下两个方面的原因。首先，基金委奖学金的首席研究员Fairweather博士离开矿业学院并担任了《数学评论》的常务主编；第二，此项

goals were re-evaluated. The students who participated in the program did not uniformly display an increase in their interest in pursuing advanced degrees in mathematical sciences. In fact, due to the selection criteria, most of the students maintained their original intentions, i.e., to pursue a graduate level degree and a career in the mathematical sciences. Given that the students applied to the program and were selected to participate because they already had interests in this area, participation in this REU experience strengthened rather than changed their career objectives and opportunities. By the second year of the program, the first goal was replaced with: to provide students who are interested in pursuing an advanced degree in the mathematical sciences with a better understanding of the nature of mathematical research, what is required in graduate school, and mathematical careers.

Based on our assessment and evaluation activities, the project outcomes and post-program achievements, there is ample evidence to support that the revised first goal and the original second goal were achieved.

10. Concluding Remarks

As was previously discussed, the importance and benefits of undergraduate research in an overseas location have been underscored in several recent publications. According to [1], “Undergraduate research abroad can demonstrate that the cultural context of learning enhances the disciplinary knowledge gained”. Published in 2007, the National Survey of Student Engagement (NSSE) [12] was based on information collected from approximately 313,000 randomly selected first-year and senior (fourth-year) students at 610 four-year colleges and universities in the U.S. and Canada. Findings from this report indicate that completing “high impact” activities, such as study abroad and undergraduate research, during college boosts students’ performance in many areas, including critical thinking, real world problem solving, and working effectively with others. It was also found that students who studied overseas engaged more frequently in educationally purposeful activities when they returned to their home campus.

As part of the international REU experience described herein, extensive efforts have been dedicated to tracking the professional and academic outcomes of the three cohort groups, 2006, 2007 and 2008. The findings reported here are consistent with those of other researchers. There is little doubt that the participating REU students benefited culturally, academically and professionally from this program. However, for the Hong Kong research mentors, the benefits were not as obvious. Acting as a student supervisor required a significant amount of time and effort and the Hong Kong faculty did not receive financial compensation nor did they necessarily receive institutional recognition for their efforts. In other words, the Hong Kong faculty time was voluntary. This factor greatly reduced the sustainability of this program because faculty can only be asked to work for free for a limited amount of time.

Acknowledgments

Many parties contributed substantially to the success of this program. First we wish to thank both the REU students and their Hong Kong faculty research mentors for their time and effort in implementing this REU experience. The

目对香港的大学教师们有太多的要求，继续要求他们无偿抽出时间似乎是不合理的。

致谢

很多单位的大力支持促成了我们这个项目的成功。首先我们感谢REU学生和他们在香港的研究顾问。没有这些顾问老师的投入和他们所在单位（香港浸会大学、香港城市大学、香港中文大学和香港理工大学）的支持，这些活动是不可能成功的。我们还要感谢澳门大学数学系的金小庆教授和香港中文大学的蒙耀生教授。我们特别感谢来自伊利诺伊理工学院的Fred Hickernell教授，他在2002年担任香港浸会大学系主任时，对于我们成功地向基金委申请将REU项目站设在香港浸会大学给予了非常宝贵的帮助。我们还要特别致谢香港浸会大学的吴国宝教授和汤涛教授，以及数学系的全体职员特别是徐美儿女士。科罗拉多矿业学院的同事和全体教工的帮助，特别是Bernard Bialecki博士和Pam Beckman女士，为我们的成功提供了保障。最后我们还要感谢美国国家科学基金委对我们这次尝试的大力资助。

这篇文章要献给斯坦福大学的Gene Golub院士。他对这个项目非常支持，并且也是一位能在与学生交流中启发灵感的人物。他主动提出要参加这个项目，但是他的突然离世让我们失去了这次机会。他为很多的团体做了许多贡献，同时也给了很多人大力的支持和鼓励，我们会永远怀念他。

附录：研究计划

第一年：2006年5月29日—2006年7月21日

- 高分辨率图像复原的小波算法
  - 研究顾问：香港中文大学数学系陈汉夫教授
  - REU参加者：Meghan Belinski（马里兰洛约拉学院），Samantha Summerson（伯克利加州大学），Andrea Martinez（里吉斯大学）
- 微分矩阵的谱分析及其应用
  - 研究顾问：香港城市大学数学系孙伟伟教授
  - REU参加者：Amanda Harsy（泰勒大学），Chelsea Weitzel（科罗拉多矿业学院）
- 数值模拟反应扩散系统中峰状形态的挑战
  - 研究顾问：香港浸会大学数学系汤涛教授
  - REU参加者：Nicholas Dovidio（戴维森学院），Michael Gilbert（科罗拉多州立大学普韦布洛分校），Michael McCourt（伊利诺伊理工学院）

program would not have succeeded without the commitment of the mentors and the support provided by their institutions, HKBU, City University of Hong Kong, The Chinese University of Hong Kong, and Hong Kong Polytechnic University. We also thank Dr. X. Q. Jin of the University of Macau's Mathematics Department for arranging the visits to Macau, and Dr. Y. S. Moon and his students for organizing the cruises. We are particularly indebted to Dr. Fred Hickernell of Illinois Institute of Technology in Chicago, Illinois, who, in 2002 when chair of HKBU's Department of Mathematics, provided invaluable assistance in the development of the successful NSF proposal to center the REU program at HKBU. We are especially grateful to Dr. Michael Ng of HKBU who assumed the role of Hong Kong director of the program upon Dr. Hickernell's departure, and to Dr. Tao Tang and the staff in the Department of Mathematics at HKBU, particularly Ms. Claudia Chui, for their assistance, guidance and support throughout the program. We would be remiss if we did not acknowledge the assistance of our colleagues and staff at the Colorado School of Mines, particularly Dr. Bernard Bialecki and Ms. Pam Beckman. Finally we thank the NSF for its financial support of this endeavor (grant DMS-0453600).

This paper is dedicated to the memory of Dr. Gene Golub. Dr. Golub was very supportive of the program and a great inspiration to the REU students with whom he interacted. He offered to participate in the program but his untimely death robbed us of that opportunity. We will long remember him for his numerous contributions to the community at large as well as the strong support and encouragement that he gave so many individuals.

Appendix: Research Projects

Year 1: May 29, 2006--July 21, 2006

- Wavelet Algorithms for High-Resolution Image Reconstruction
  - Research Supervisor: Dr. Raymond Chan, Department of Mathematics, The Chinese University of Hong Kong
  - REU Participants: Meghan Belinski (Loyola College in Maryland), Samantha Summerson (University of California, Berkeley), Andrea Martinez (Regis University)
- Spectral Analysis of Differentiation Matrices and Applications
  - Research Supervisor: Dr. Weiwei Sun, Department of Mathematics, City University of Hong Kong
  - REU Participants: Amanda Harsy (Taylor University), Chelsea Weitzel (Colorado School of Mines)
- Resolving Spike Dynamics for Reaction Diffusion Systems
  - Research Supervisor: Dr. Tao Tang, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
  - REU Participants: Nicholas Dovidio (Davidson College), Michael Gilbert (Colorado State University, Pueblo), Michael McCourt (Illinois Institute of Technology)
- Subspace Clustering for High Dimensional Categorical Data
  - Research Supervisor: Dr. Michael Ng, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
  - REU Participants: Guangming Lang (New College of Florida), Jonathan Maack (Colorado School of Mines)

•高维分类数据的子空间聚类
研究顾问：香港浸会大学数学系吴国宝教授
REU参加者：Guangming Lang（新佛罗里达学院），Jonathan Maack（科罗拉多矿业学院）

第二年：2007年6月1日—2007年7月25日

•一种基于插值的超分辨率图像复原方法
研究顾问：香港浸会大学数学系唐创时博士
REU参加者：Alyson Burchardt（科罗拉多矿业学院），Elizabeth Cheever（布朗大学）

•突发性行为的数学模型
研究顾问：香港城市大学Felipe Cucker教授
REU参加者：Jeremy Sherman（新佛罗里达学院），Ely Spears（罗斯-豪曼理工学院）

•有效的条件数
研究顾问：香港浸会大学数学系凌立云博士
REU参加者：Tyler Drombosky（杨斯顿州立大学），Ashley Meyer（亨廷顿大学）

•径向基函数在插值和微分方程中的应用
研究顾问：香港城市大学数学系韩耀宗教授
REU参加者：Bryan Romero（科罗拉多矿业学院），Mindy Schockling (首都大学)

•计算生物中的问题
研究顾问：香港中文大学黄泽富博士和邹军教授
REU参加者：Eileen Bassiri（贡萨格大学），Christopher Phillips（加利福尼亚州立理工大学波莫那分校）

第三年：2008年6月2日—2008年7月25日

•默认相互作用的双隐藏马尔可夫模型
研究顾问：香港浸会大学数学系冯绍梁博士
REU参加者：Claire Curtis（北卡罗来纳大学阿什维尔分校），Thomas Jones（贡萨格大学）

•HYmini 便携式风力充电器的功率
研究顾问：香港浸会大学数学系凌利云博士
REU参加者：Anna Meade（密西西比州立大学），Jason Pearson（阿巴拉契亚州立大学）

•时间有关的偏微分方程的计算挑战
研究顾问：香港理工大学应用数学系姚家辉博士
REU参加者：Eugene Milman（纽约市立大学亨特学院），Kirstin Reinertson（得克萨斯A&M大学科帕斯克里斯蒂分校）

•用人工神经网络预测全球汇率
研究顾问：香港理工大学应用数学系李良坤博士
REU参加者：Samantha John（哥伦比亚大学），Timothy Penderghest（克拉克森大学）

•双曲奇异积分的数值方法
研究顾问：香港城市大学数学系孙伟伟教授
REU参加者：S. Khasawinah（布尔莫尔学院），Cole Mcgee（科罗拉多州立大学普韦布校）

Year 2: June 1, 2007-- July 25, 2007

•An Interpolation-Based Approach to Super-Resolution Image Reconstruction
Research Supervisor: Dr. C. S. Tong, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
REU Participants: Alyson Burchardt (Colorado School of Mines), Elizabeth Cheever (Brown University)

•Models for Emergent Behaviour
Research Supervisor: Dr. Felipe Cucker, Department of Mathematics, City University of Hong Kong
REU Participants: Jeremy Sherman (New College of Florida), Ely Spears (Rose-Hulman Institute of Technology)

•Effective Condition Number
Research Supervisor: Dr. Leevan Ling, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
REU Participants: Tyler Drombosky (Youngstown State University), Ashley Meyer (Huntington University)

•Numerical Methods for Inverse Problems
Research Supervisor: Dr. Benny Hon, Department of Mathematics, City University of Hong Kong
REU Participants: Bryan Romero (Colorado School of Mines), Mindy Schockling (Capital University)

•Problems in Computational Biology
Research Supervisors: Drs. Jeff Wong and Jun Zou, Department of Mathematics, The Chinese University of Hong Kong
REU Participants: Eileen Bassiri (Gonzaga University), Christopher Phillips (California State Polytechnic University, Pomona)

Year 3: June 2, 2008--July 25, 2008

•A Double Hidden Markov Model of Default Interaction
Research Supervisor: Dr. Siu Leung Fung, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
REU Participants: Claire Curtis (University of North Carolina, Asheville), Thomas Jones (Gonzaga University)

•Efficiency of the HYmini Portable Wind Powered Charger
Research Supervisor: Dr. Leevan Ling, Department of Mathematics, Hong Kong Baptist University
REU Participants: Anna Meade (Mississippi State University), Jason Pearson (Appalachian State University)

•Computational Challenges in Time-Dependent Partial Differential Equations
Research Supervisor: Dr. Cedric Yiu, Department of Applied Mathematics, Hong Kong Polytechnic University
REU Participants: Eugene Milman (CUNY Hunter College), Kirstin Reinertson (Texas A&M University, Corpus Christi)

•Forecasting Global Exchange Rates with Artificial Neural Networks
Research Supervisor: Dr. Leong Kwan Li, Department of Applied Mathematics, Hong Kong Polytechnic University
REU Participants: Samantha John (Columbia University), Timothy Penderghest (Clarkson University)

•Numerical Approximations to Hypersingular Integrals
Research Supervisor: Dr. Weiwei Sun, Department of Mathematics, City University of Hong Kong
REU Participants: Sarah Khasawinah (Bryn Mawr College), Cole Mcgee (Colorado State University, Pueblo)

REFERENCES

[1] M. C. Bolen and P. C. Martin, "Undergraduate Research Abroad: Challenges and Rewards", Special Issue: "Undergraduate Research Abroad", Frontiers, XII (2005), pp. xi-xvi.

[2] "About Mines." Accessed April 25, 2009. Website: www.mines.edu/AboutMines

[3] G. L. Downey, J. Lucena, B. Moskal, R. Parkhurst, T. Bigley, C. Hays, B. Jesiek, L. Kelly, J. Miller and S. Ruff, "The Globally Competent Engineer: Working Effectively with People Who Define Problems Differently", Journal of Engineering Education, 95 (2) (2006), pp. 107-122.

[4] G. Fairweather and B. M. Moskal, "Research Experiences for Undergraduates Program in Numerical Analysis and Scientific Computing", Proceedings of the Conference on Promoting Undergraduate Research in Mathematics, J. Gallian, ed., American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 2007, pp. 207-212.

[5] G. Fairweather and B. M. Moskal, "An International Research Experiences for Undergraduates Program in Computational Mathematics: A Collaboration among Hong Kong Universities and the Colorado School of Mines", Rocky Mountain Section of the Mathematical Association of America Newsletter, Fall 2006, pp. 15-16.

[6] "How Should Colleges Prepare Students to Succeed in Today's Global Economy?", Peter D. Hart Research Associates, Inc., December 26, 2006. Accessed April 25, 2009. Website: www.aacu.org/leap/documents/Re8097abcombined.pdf

[7] National Academies, "Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future", The National Academies Press, Washington, D.C., 2007.

[8] "About the NSF." Accessed April 25, 2009. Website: http://www.nsf.gov/about/

[9] "For Faculty". Accessed April 25, 2009. Website: www.nsf.gov/crssprgm/reu/faculty.jsp

[10] "Looking Beyond the Borders: A Project Director's Handbook for Best Practices for International Research Experiences for Undergraduates", C. A. Loretz, ed., Document Number: nsf06204, National Science Foundation. Accessed April 25, 2009. Website: www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf06204

[11] "REU Sites: Mathematical Sciences." Accessed April 26, 2009. Website: www.nsf.gov/crssprgm/reu/list_result.cfm?unitid=5044

[12] "Experiences That Matter: Enhancing Student Learning and Success", National Survey of Student Engagement, Annual Report 2007, Indiana University Center for Postsecondary Research, Bloomington, Indiana, November 2007.



本文第一作者在位于匹兹堡的私立大学Duquesne 大学取得数学教育的学士学位，之后取得匹兹堡大学数学教育的硕士和博士学位．她现在是科罗拉多矿业学院数学与计算机系的教授，并且是矿业学院科技工程及数学评估中心主任．其研究兴趣包括学生评估，K-12外展活动，平等问题等．

Barbara M. Moskal received her B.S. in Mathematics Education from Duquesne University, her M.A. in Mathematics and Ed.D. in Mathematics Education with a minor in Quantitative Research Methodology from the University of Pittsburgh. She is a Professor in the Department of Mathematical and Computer Sciences at the Colorado School of Mines, and serves as Director of the institution's Center for Assessment: Science, Technology, Engineering and Mathematics. Her research interests include student assessment, K-12 outreach and equity issues.



本文第二作者在苏格兰的圣安德鲁斯大学取得应用数学的学士和博士学位．他在科罗拉多矿业学院数学与计算机系做了十四年的系主任，之后于2008年至今任美国数学会的数学评论杂志的常务主编．在矿业学院之前，他曾任职于圣安德鲁斯大学，莱斯大学，肯塔基大学．其研究兴趣包括数值分析和科学计算．

Graeme Fairweather received his B.Sc. and Ph.D. in Applied Mathematics from the University of St. Andrews, Scotland. He served for fourteen years as head of the Department of Mathematical and Computer Sciences at the Colorado School of Mines before joining the American Mathematical Society as Executive Editor of Mathematical Reviews in 2008. Prior to his appointment at CSM, he held faculty positions at the University of St. Andrews, Rice University, and the University of Kentucky. His primary research interests are in numerical analysis and scientific computing.

读者来信

诚信的危机：学术出版的现状

Integrity Under Attack: The State of Scholarly Publishing

Douglas N. Arnold
美国工业与应用数学学会主席

尊敬的编委们，

如果这篇文章能够翻译成中文并且在中国出版发行，我将非常高兴。我正在计划取得国际同行的共同支持一起来应对这些问题，因此，中国同行的支持十分重要。

我已经收到好几次要求将此文翻译成不同文字的请求。事实上，该文已经被翻译成好几种语言了。美国工业与应用数学会及我本人都乐意授权给各国同行翻译此文。当然，我们希望翻译者（1）注明该文的原始出处；（2）附上原文的链接（可以在我的个人主页里找到)；(3）附上作者的简介。

非常感谢您们的协助！
Doug Arnold
美国工业与应用数学学会主席

Dear Editors:

I would be very pleased if the article were published in Chinese and disseminated in China. I am working on a plan for international action on some of these issues, and support by colleagues in China would be very valuable.

I have already gotten similar requests, and there are already translations into several languages. SIAM and I give permission with only the obvious minimal requirements, namely that you (i) State the source of the original article; (ii) Include a link to the original, which is posted at my website; (iii) Include a biographical note about the author.

Thanks, and best regards,

Doug Arnold,
President of SIAM

科技期刊的出版无疑非常重要，因为他们是传播和获得科研结果最重要的方法，也是与我们的健康、安全和发展息息相关的企业的重要组成部份。通常，大学、研究基金机构以及其它组织都将出版物作为衡量科学研究成效和影响的主要依据。此外，出版物不但在招聘、升职以及加薪等事宜中起决定性的作用，而且对一个学系，研究机构、甚至一个国家的科研排名也至关重要。正是由于出版物能带来如此多的利益，所以有些人在这方面有一些不道德的、违反学术规范的、或是明显的欺骗行为，也是意料之中的。然而，当我认真地调查这个问题时，我还是对调查结果感到十分震惊。在这个专栏里，我会举几个发生在应用数学领域里的作者或杂志的严重不当行为的例子。**我所得出的结论是：我们不应该过分依赖一些常用的文献计量学指标，比如杂志的影响因子或作者的被引用次数，来进行**

Scientific journals are surely important. They provide the most effective means for disseminating and archiving scientific results, and so are a key part of an enterprise on which our health, security, and prosperity ultimately depend. Publications are used by universities, funding agencies, and others as a primary measure of research productivity and impact. They play a decisive role in hiring, promotion, and salary decisions, and in the ranking of departments, institutions, even nations. With big rewards tied to publication, it is not surprising that some people engage in unethical behavior, abuse, and downright fraud. Still, when I started to look at the issues more closely, I was appalled by what I found. In this column, I give a few troubling examples of misconduct by authors and by journals in applied mathematics. One

排名或者判断。因为这些指标无论是在理论上，还是在实际中，都很容易被造假。

毫无疑问，美国工业与应用数学学会（SIAM）认为学术出版十分重要，而且我们也一直致力于保证它的出版物的声誉，以及防范其发表的成果遭到剽窃。一直以来， 我们也在想办法在这方面做得更好。因此，我恳请“工业与应用数学学会”的会员们一起来做好这件事。比如，如果你们发现了我们的期刊上有任何问题，请联系我；你觉得这些问题正在恶化吗？“工业与应用数学学会”应该在这方面做更多的事情吗？我们应该对自己的出版物和作者加强监管吗？

我们经常能发现学术作者的不当行为。这一类不当行为里，最常见的就是逐字逐句抄袭了，而 更“高明”的做法则是那些诸如把其它文章的主要想法偷偷搬来复制文章的行为。然而，“工业与应用数学学会”认为事情的严重性远不止此，更严重得多的是由于受到一些显然的利益驱动，一些出版社和编委也利用学术杂志进行不当的行为。比如**有些杂志看似十分规范，因为表面上它们也有专家评审程序。然而这些专家评审程序却十分草率，甚至一点也不严格。还有些杂志为了提高诸如影响因子等文献计量指标，故意增加自己的引用次数。**

最近发生了一启事关“工业与应用数学学会”期刊的抄袭事件。该事件同时涉及学术作者和杂志的不当行为。2008年在“工业与应用数学学会”的一个杂志上发表的一篇文章，其作者于文章正式发表之前在互联网上公开了文章的预印本。可是有人逐字抄袭了这个预印本，只改了一下文章题目和作者名，于同一年在《国际统计和系统期刊》（《International Journal of Statistics and Systems》）发表了。“工业与应用数学学会”的出版商、负责出版的副主席、执行主任以及我本人对此事进行了为期六个月的全面调查。随着调查的进行，我们发现该事件越来越严重。我们决定把整个调查结果公诸于世。读者可以在互联网上找到有关细节（见【1】）。

对于此事，我们还得出一些更糟糕的结论。我们把这些涉及抄袭行为的作者的一些文章找来仔细阅读，结果发

conclusion I draw is that common bibliometrics -- such as the impact factor for journals and citation counts for authors -- are easily manipulated not only in theory, but also in practice, and that their use in ranking and judging should be curtailed.

SIAM places great value on scholarly publishing, of course, and we are taking strong actions to ensure the integrity of our own publications and to protect our authors from theft of their work. But we are still struggling to decide just what actions we should take. So I invite the thoughts of members of the SIAM community. If you have witnessed troubling incidents in journal publication, let me know. Do you think such incidents are on the rise? Should SIAM be doing more? Should we look beyond our own publications and authors?

Author misconduct -- most obviously verbatim plagiarism, but also more subtle appropriation of ideas and duplicate publication -- has always been with us. At SIAM, however, our impression is that the problem is becoming far more common. Perhaps even more disturbing is journal misconduct, carried out by publishers and editors, often with an evident profit motive. One example is a sloppy or sham peer review process designed to produce the impression of a serious scholarly journal without the substance. Another is the deliberate manipulation of citation statistics in order to raise the impact factor or other journal bibliometrics.

A recent case involving SIAM brings in both author and journal misconduct. A paper published in a SIAM journal in 2008 was plagiarized essentially verbatim from a preprint version posted by the authors on the web. A copied version of the paper appeared in the International Journal of Statistics and Systems in the same year with different title and authors. SIAM's publisher, vice president for publications, executive director, and I undertook a full investigation, which required nearly six months. The case got messier and more disturbing week

现他们的抄袭行为远不止前面提到的这篇文章。他们至少有四篇发表在四个不同杂志上的文章是逐字抄袭他人的论文。这样的结果不得不让我们怀疑他们的其它文章也可能是抄袭的。刊登上述这篇抄袭论文的杂志是由印度研究出版社（Research India Publications）出版的。这个出版社同时出版大概50种杂志，其中大部份都与应用数学相关。然而，当我们就此抄袭事件与他们联系时，该出版社却没有给我们回应。我们与该杂志主页上列出的主编联系，可连这位主编都无法联系上该出版社！当这位主编知道了这件抄袭事件后，他随即向出版社提出了辞职。然而迄今为止，他仍然没有收到出版社的任何回复。在这个杂志的主页上，我们仍然可以看到他的名字以及很多知名的数学家的名字。

很多人都觉得《混沌、孤立子和分形》杂志（《Chaos, Solitons and Fractals》，以下简称《混沌》杂志）这本由爱思唯尔（Elsevier）出版的应用数学杂志，就一直存在编委和杂志的不当行为。根据2008年《自然》上的一篇文章（见【2】）所说，该杂志仅十二月份这一期的36篇文章里，就有5篇是由该杂志的主编Mohamed El Naschie所写。而本年度到目前为止，他在这个杂志上已经发表了近60篇论文。事实上，在Web of Science收录的由这位主编撰写的400篇论文里，有307篇是发表在由他自己主编的这个杂志上。主编在自己负责的杂志上如此频繁地刊登论文，不得不让人怀疑这本SCI期刊根本就没有执行标准的同行专家审稿程序。而且，这样的行为也大大地提高了该杂志的影响因子。（Thomson Reuters 是根据“C 除以 A”这个公式来计算一个杂志在某年的影响因子的，其中A是该杂志在之前两年里发表的论文总数，而分子C是指该杂志两年的论文被它的数据库收录的并且在该年度发表的论文所引用的次数）。这位主编在他自己的这本期刊上发表的论文总共引用了4922篇论文，其中大概有2000次引文是来自他自己的这本期刊上的论文，这其中大部份还是他本人的论文。2007年，在Thomson Reuters所列的“数学及跨学科应用”这一类别的杂志排名里，《混沌》杂志在65种SCI期刊中排名第二。

另一个影响因子高得令人咂舌的杂志是2000年创刊的，由设在以色列的弗罗伊德出版社（Freund Publishing

by week. I decided that our final report on it should be made fully public; it is available on the web, where you can read the details (www.siam.org/journals/plagiary).

Meanwhile, here are some of the sad conclusions. Based on the papers that we reviewed, we determined that the suspect authors had committed plagiarism in this and various other cases. At least four articles published under their names in four different journals are essentially verbatim copies of the articles of other authors, and we have reason to believe that there are other cases as well. The journal publisher, Research India Publications, publishes nearly 50 journals, many related to applied mathematics, but did not respond to our inquiries about the plagiarized article. We contacted the editor-in-chief listed on the journal web page, but he himself has been unable to contact the journal! After learning about this incident from us, he submitted his resignation to the journal but has received no response from the publisher; his name, along with those of numerous other distinguished mathematicians, remains on the journal website.

Rumors of editor and journal misconduct have dominated the highly publicized case of the applied math journal Chaos, Solitons and Fractals (CSF), published by Elsevier. As reported in a 2008 article in Nature (Nature, vol. 456, 27 November 2008, page 432), "Five of the 36 papers in the December issue of Chaos, Solitons and Fractals alone were written by its editor-in-chief, Mohamed El Naschie. And the year to date has seen nearly 60 papers written by him appear in the journal." In fact, of the 400 papers by El Naschie indexed in Web of Science, 307 were published in CSF while he was editor-in-chief. This extremely high rate of self-publication by the editor-in-chief led to charges that normal standards of peer-review were not upheld at CSF; it has also had a large effect on the journal's impact factor. (Thomson Reuters calculates the impact factor of a journal in a given year as C/A, where A is the number of articles published in the journal in the preceding two years,



SIAM Review是工业与应用数学学会最重要的期刊，这个学会是国际上最大的应用数学团体，成立于1951年；拥有一万多名会员，总部设在美国费城.

House）出版的《非线性科学与数值仿真国际杂志》（《International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation》，以下简称《非线性》杂志）。该杂志在过去的三年里一直是"应用数学"类影响因子最高的杂志。该杂志与前面提到的《混沌》杂志有着千丝万缕的联系。比如说，该杂志的创办人及主编J.-H. He同时也是《混沌》杂志的编委，而《混沌》杂志的主编El Naschie也是《非线性》杂志的两个执行主编之一。这两位作者都在自己以及对方的杂志上发表了大量的论文，并且经常互相引用。

《非线性》杂志之所以有这么高的影响因子，还有另外一个原因。比如Journal of Physics: Conference Series (JPCS) 是由物理学学会（IOP）出版的会议论文集。会议主办方需要向出版社支付出版费才可以出版其论文集，而出版社宣称他们要求会议主办方在JPCS这本期刊上刊登的所有论文都要通过专家评审程序。然而，不论是JPCS这本期刊上最后的会议论文集，还是其互联网主页，都没有列出编委会名单，甚至没有列出如何判断一个学术会议质量的基本标准。尽管如此，Thomson Reuters在计算影响因子的时候，仍然会将JPCS的引用计入有效次数。2008年，JPCS一共出版了49卷，其中有一卷是收录由《非线性》杂志的主编J.-H. He在他所工作的上海东华大学举办的一个学术会议的会议论文集。这一期会议论文集收录的221篇论文里，有366篇参考文献是在《非线性》杂志上发表的论文，并且有353篇参考文献是J. -H. He本人的论文。这么做的结果是，即使刊登在《非线性》杂志上的论文在2008年一次都没有被其它任何论文引用过，"工业与应用数学学会"

and C is the number of citations to those articles from articles indexed in the Thomson Reuters database and published in the given year.) El Naschie's papers in CSF make citations, about 2000 of which are to papers published in CSF, largely his own. In 2007, of the 65 journals in the Thomson Reuters category "Mathematics, Interdisciplinary Applications", CSF was ranked number 2.

Another journal whose high impact factor raises eyebrows is the International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation (IJNSNS), founded in 2000 and published by Freund Publishing House. For the past three years, IJNSNS has had the highest impact factor in the category "Mathematics, Applied". There are a variety of connections between IJNSNS and CSF. For example, Ji-Huan He, the founder and editor-in-chief of IJNSNS, is an editor of CSF, and El Naschie is one of the two co-editors of IJNSNS; both publish copiously, not only in their own journals but also in each other's, and they cite each other frequently.

Let me describe another element that contributes to IJNSNS's high impact factor. The Institute of Physics (IOP) publishes Journal of Physics: Conference Series (JPCS). Conference organizers pay to have proceedings of their conferences published in JPCS, and, in the words of IOP, "JPCS asks Conference Organisers to handle the peer review of all papers." Neither the brochure nor the website for JPCS lists an editorial board, nor does either describe any process for judging the quality of the conferences. Nonetheless, Thomson Reuters counts citations from JPCS in calculating impact factors. One of the 49 volumes of JPCS in 2008 was the proceedings of a conference organized by IJNSNS editor-in-chief He at his home campus, Shanghai Donghua University. This one volume contained 221 papers, with 366 references to papers in IJNSNS and 353 references to He. To give you an idea of the effect of this, had IJNSNS not received a single citation in 2008 beyond the ones in this conference proceedings, it would still have been assigned a larger

旗下的15本杂志，也只有SIAM Review的影响因子会比它高。

另一个有关杂志不当行为的例子就让人啼笑皆非了。《科学》杂志的“科技新闻”六月份在线出版的一篇题为“垃圾文章也能发表”的文章里，资深编委Janet Raloff（【见3】） 描述了这样一个试验：康奈尔大学的研究生Philip Davis和其一个朋友用一个叫“SCIgen”的计算机程序随机产生了一个文档。这个文档的语法和词汇是从一篇计算机学科的学术论文中摘取的，但这些词汇却是胡乱堆砌在一起的，文档本身没有任何具体的意义。（这个文档的开头是“压缩对称性和编译器在过去的几年里吸引了大量未来主义者和生物学家的注意。然而，这一类解决方案的缺陷是DHT是富有感情的，大规模的，并且可扩展的”。四页之后，该文档以这样的语句结尾：“我们预期大量的未来主义者很快将会转而研究’Trifling Thamyn’”。全是莫名其妙的话！）这个文档投给了由Bentham Science 出版社出版的《信息科学公开杂志》（《The Open Information Science Journal》）。该出版社总共出版200多种可以无权限阅读的科技杂志，而根据该出版社的主页显示，其中大部份的杂志都有很高的影响因子。上述这个文档的作者投稿时并没有署名，并且他们留下的工作单位是应用骨像学研究中心。注意作者用这样一个工作单位是另有含意的，因为这个工作单位的英文是Center for Research in Applied Phrenology，其缩写即CRAP，也就是“垃圾”的意思。即便如此，作者四个月之后还是收到“投稿经过专家审稿程序，已经被该杂志接受发表”这样的通知。按照没有设访问权限的公开杂志的管理模式，出版社随即通知作者，只要他们寄给出版社一张800美金的支票，他们这个文章就可以很快正式发表。（很当然地，作者们拒绝了这个要求。）

上述这个例子真是令人十分震惊，但却是确凿无疑。然而，更具危害性的可能是一些很隐蔽的不当行为。例如，一些出版商虽然没有明确废除专家审稿程序，但却掺加了很多与学术无关的因素于其中。再如，一些杂志虽然没有大规模地明确要求所有作者一定引用自己刊登的论文，但却暗中给作者和编委施加了压力，希望他们调整参考文献来帮助提高自己杂志的影响，尽管这样的调整可能毫无科学根据。再比如，有些作者或许不是逐字逐句抄

impact factor than any SIAM journal except for SIAM Review.

Another example of journal misconduct was revealed with an element of comedy. In "'CRAP's paper accepted for publication", published online in June in Science News, senior editor Janet Raloff (www.sciencenews.org/view/generic/id/44706/title/Science_+_the_Public_'CRAP'_paper_accepted_for_publication) described an experiment in which Cornell graduate student Philip Davis and a friend used a computer program, SCIgen, to generate a random document; the grammar and vocabulary were those of a computer science research paper, but the document was completely free of meaningful content. (The paper opens, "Compact symmetries and compilers have garnered tremendous interest from both futurists and biologists in the last several years. The flaw of this type of solution, however, is that DHTs can be made empathic, large-scale, and extensible." Four pages later, it concludes, "We expect to see many futurists move to studying TriflingThamyn in the very near future." Indeed!) The paper was submitted to The Open Information Science Journal (TOISCIJ), published by Bentham Science, a publisher of more than 200 open-access scientific journals (many of which, according to the publisher's website, have high impact factors). Although the paper was submitted under pseudonyms and with the give-away affiliation Center for Research in Applied Phrenology, or CRAP, Davis was notified four months later that the "submitted article has been accepted for publication after peer-reviewing process in TOISCIJ." Following the open-access model, the publisher told the authors that the paper would be published as soon as they sent a check for $800. (They declined to do so.)

The cases I have recounted are appalling, but clear-cut. Perhaps even more dangerous are the less obvious cases: publishers who do not do away with peer review, but who adjust it according to nonscientific factors; journals that may not engage in wide-scale and

袭，但他们盗用他人的思想而故意忽略出处。对于这样的不当学术行为，如何识别和判断都无疑困难得多。对此你有何看法？这样的行为是否会严重地危害我们的科学文献及研究机构？你是否也碰到类似的事情？

综上所述，我认为我们不应该仅用类似影响因子这样的文献计量学上的指标来判断一个学术成果的质量。人们很早就知道了其实影响因子与一个杂志的质量根本没什么相关性，更别说通过影响因子来衡量其中刊登的学术论文的质量，或是这些论文的作者的学术水平了。对数学这个领域来说，由国际数学家联盟，国际工业与应用数学协会，和国际数学统计协会共同调查发表的2008年的引用数据报告（【见4】）就很好地说明了这一点。我们发现这些衡量指标很容易被别有用心的人滥用，事实上很多人已经在滥用这些指标为自己获得利益。从某种意义上来说，这些指标衡量的不是作者、编委或者出版社发表的科研成果的质量，而是他们肆无忌惮滥用这些指标的胆量。我经常能听到有人提出一些技术上的建议，希望能对影响因子的计算公式进行改进，从而能解决上述危机。比如，将公式中的时间跨度由2年提高到5年；或者计算被引用次数的时候不能算自引次数（也就是说作者自己引自己的论文不会计算在前面所说的分子C上）。在我看来，这样的补救措施，仍然解决不了问题。因为**数学论文的被引用次数通常都不太高，即使是非常好的数学论文可能总共都只有几十或者几百次的被引用次数。这样的被引用次数，很多人轻而易举就可以通过造假达到**。正如一个杂志的编委可以在自己的杂志上引用自己的文章来提高自己的被引用次数。同样的，两个不同杂志的编委可以在各自的杂志上互相引用对方的文章。这样，即便没有自引，他们一样各自都会有很高的被引用次数。简单地计算被引用次数永远无法代替同行专家的评价。

这些事情都是与我们科学工作者息息相关的。那我们应该怎么办呢？我们显然应该从自己做起。比如无论是我们自己撰写论文，还是审阅别人的论文，我们都应将科学诚信放在首位。我们在答应做一个杂志的编委时，先问问自己以下问题：这个杂志是否坚持严格的专家评审程序？他们是否有清晰的宗旨和制度来保证专家评审程序能顺利执行？目前科技文献泛滥成灾，他们出版的文献是否真的

systematic self-citation, but that apply subtle pressures on authors and editors to adjust citations in favor of the journal, rather than based on scholarly grounds; authors who may not steal text verbatim, but who lift ideas without giving proper credit. These are much harder to measure and adjudicate. What do you think? Are such practices significantly distorting the scientific literature or enterprise? Do you have a story of such dubious practices to tell?

One conclusion that I am ready to draw is that we need to back away from the use of bibliometrics like the impact factor in judging scientific quality. It has long been noted that what the impact factor measures is not well correlated with the quality of a journal, and even much less with the scientific quality of the papers appearing in it or of the authors of those papers. In our field, the 2008 IMU-ICIAM-IMS report Citation Statistics (www.iciam.org/QAR/CitationStatistics-FINAL.PDF) made that case eloquently. Less emphasized has been that these metrics are open to gaming, and are in fact being gamed; in some cases they are likely a better indicator of the unscrupulousness of the authors, editors, or publishers than of the quality of their work. Frequently, I hear of technical solutions, proposed in the hope that an adjustment to the formula -- for example, increasing the time frame for the impact factor from 2 to 5 years, or excluding self-citations -- will solve the problem. Such remedies, in my opinion, are doomed to failure. The numbers of citations to mathematical articles are small integers, with excellent papers often drawing lifetime totals of only tens or hundreds of citations, and such numbers are easily manufactured. What one editor can do in one journal by self-citation, a pair of editors can do with two journals without self-citation. Counting can never replace expert opinion.

What can we, as concerned scientists, do? Of course, the first step is to look to ourselves: As scientists, we should place great emphasis on scientific integrity, in what we write and what we review. Ask yourself some

有意义？**上述的种种学术不当行为的事实和问题，我们不但要告诉我们的学生，也要告诉我们的同事、行政人员和上级。下次再有人把论文数量、被引用次数、或者影响因子作为衡量科研工作质量的指标时，我们都应该明确反对。我们要让大家知道真要想提高这些指标，是多么容易的一件事**。而且现在很多人对这些不规范的学术行为正乐此不疲。我们需要关心的不是这些指标，而是论文本身的质量、引用情况的本质是什么、以及杂志本身的质量。欢迎"工业与应用数学学会"的同行们与我们分享你们在这方面的经验和想法。我的电子邮箱是 president@siam.org.

注：原文刊登于2009年12月出版的《SIAM News》第42卷第10期"Integrity Under Attack: The State of Scholarly Publishing"，并可在以下链接找到 http://umn.edu/~arnold/siam-columns/integrity-under-attack.pdf 本文由香港浸会大学袁晓明博士译成中文.

参考文献

【1】 http://www.siam.org/journals/plagiary/

【2】 Nature, vol. 456, 27 November 2008, page 432.

【3】 http://www.sciencenews.org/view/generic/id/44706/title/Science_+_the_Public__'CRAP'_paper_accepted_for_publication

【4】 http://www.iciam.org/QAR/CitationStatistics-FINAL.PDF

questions before lending your name to a journal as an editor. Does that journal hew to high standards of peer review? Does it have clear policies and mechanisms for enforcing them? Is its output a useful addition to the sprawling scientific literature? We also need to educate others, not only our students, but also our colleagues and administrators and managers. The next time you are in a situation where a publication count, or a citation number, or an impact factor is brought in as a measure of quality, raise an objection. Let people know how easily these can be, and are being, manipulated. We need to look at the papers themselves, the nature of the citations, and the quality of the journals. I look forward to learning from the experiences and thoughts of the SIAM community. You can reach me at president@siam.org.

The PDF file of this article is available at http://umn.edu/~arnold/siam-columns/integrity-under-attack.pdf

作者简介

Douglas N. Arnold 于布朗大学获得学士学位，之后在芝加哥大学获得硕士及博士学位。他是美国工业与应用数学会的主席以及明尼苏达大学"McKnight Presidential"数学教授。



“不让孩子输在起跑线上”？

丁玖
美国南密西西比大学数学系教授

我去年回国读到上海《文汇报》2009 年 5 月 9 日刊登的北京理工大学教育专家杨东平撰写的文章“奥数热、择校热是不治之症吗？”该文批评了在中国脍炙人口的一句口号：不让孩子输在起跑线上。我完全同意杨教授的批判。这句绝非科学论断的教育口号对于中国目前摧残人性的初等教育方式，具有推波助澜的坏作用，需要“拨乱反正”。在三、四十年前对毛泽东顶礼膜拜的那个年代，他的违背人类发展规律的某些政治口号很少有人质疑或公开批评，尚可理解。可是在如今“秀才不出门，能知天下事”的“世界村”信息高速公路时代，这句违背教育基本规律的口号却成为数不胜数的教师、家长教育孩子的座右铭，岂非咄咄怪事？真是令人费解！

我还记得 80 年代在南京大学读书时观看本系学生运动会女子 800 米赛时的一幕：起跑线上，铃声一响，一位女同学像离弦之箭，一马当先，向终点直奔而去，想拿第一的心情显而易见。且慢，不幸地（也是必然地），她越跑越慢，冲线时反而成了倒数第一。我当时就替她惋惜。倘若她科学地竞赛，凭其突出的身体素质，稳步开始，保持后劲，也许真的能拿第一呢。

90 年代，我有次回国，正好看到中央电视台崔永元《实话实说》刚开播时的一期节目，话题就是关于早期教育的。我记得被访问的那位嘉宾也用了长跑的例子形象地告诫大家，起跑线上的冲刺是得不偿失的，是与教育规律背道而驰的。可是，他的科学建议却未能在大部分现场观众中引起共鸣。望子成龙的他们都说他自己已功成名就，就不顾别人子女的“死活”了。看到这里，我想起文化大革命中的一句习惯用语：憾山易，憾解放军难。现实是：憾山易，憾根深蒂固的观念难！

的确，十几年来，“不让孩子输在起跑线上”这一信念已深深地扎根于祖国人民的心坎里，融化在血液中，落实在行动上。君不见，奥数、音乐考级、强化班、辅导班等等五花八门，如雨后春笋，遍地开花。家长疲于奔命，孩子苦不堪言。再加上成堆的课外作业，真把他们柔弱的还未发育完好的身体压得喘不过气来。正如杨东平教授引述的一位网友所言：“孩子们的苦难远远超过奥数的难题 ---- 他们没有自由、没有空间、没有自我、没有尊重、没有爱。”这位母亲仰天长叹：“大学里那么多教育专家们，为什么没有人站起来为孩子们说一句话？”

大学教授杨东平终于站起来了。他一声怒吼：打倒万恶的奥数教育！我也是一位大学教授，在中国读到硕士学位，又去美国读了博士学位，后留美教书至今。我想通过中美两国教育的亲身经历和观察思考来说明为什么“不让孩子输在起跑线上”这一流传甚广的名言是违反科学的，是误人子弟的。

我念初级小学时正是“文化大革命”前夜，受到再正常不过的快乐教育。之后直到高中毕业基本上是以玩为主，兼学别样。因课余时间充沛，打乒乓、拉二胡、像猴子一样玩单杠，兴趣广泛，什么书都翻。14 岁高中毕业，在家烧中饭三个月，火苗也把旺盛的求知欲熊熊点燃，一口气无师自通地读完文革前高中三年数理化全部教材，又在一个初中教了一个月的立体几何；连续在三个工厂工作近五年后，就凭那三个月的数学基本功，成为南京大学数学系 77 级大学生。我的同窗们和我一样，没听说受过什么“不让孩子输在起跑线上”的早期训练，个个身心健康，头脑清晰，志向远大。大学四年，我们早晨跑步锻炼、上午受业课堂、下午自习做题、晚上埋头苦干，周末有时爬山。我们目标始终如一，兴趣与时间赛跑，深得读书之乐趣。我们这一代学生，尽管在少年求学初期没有被强迫争第一，没有被抛进题海里淹死，在人生教育的起跑线上从容散步，自然风光尽收眼底，童年乐趣应有尽有，岂不快哉快哉？本质上，我上大学才开始从“ABC”起学英文，在“起跑线上”已经“输光了”，可是我和同学一样，进步神速，还修了三学期的德文。为什么学习能如此高效率，功课能全面发展？只因少年时代在父母“任其自然”的宽松环境中，书没读呆，就像刘欢所唱“该出手时就出手”。当我多年后在母校高三教室门口目睹铺天盖地的高考复习资料无情地挡住了窗外明媚的阳光，一双双呆滞的眼睛在暗无天日的书海里发出幽灵般求救的绿光，我多么庆幸我们曾是生活在毛泽东时代那风华正茂的同学少年！当在交谈中听到

校长对江泽民刚刚提倡的“教育减负”不以为然之时，我就悲哀地发现，正是这些“灵魂的工程师”们推波助澜地炮制了“不让孩子输在起跑线上”的这一奇谈怪论。

我女儿只在中国念过小学一年级，是受美国教育长大的。初中时，有一次她随我回国。我在北京学术访问，她在扬州爷爷奶奶处住了一个多月，因十分困惑于找不到同龄孩子玩，有感而发，在《中国教育报》上登了一文“我在美国读初中”。之中，她叹息道：

“这次回国满1个月时，我才与比我大1岁的江都表姐见面。由于功课多，她无法抽身和我相见。也上初二的她，连周末都不休息。早上5点起床做作业，晚上11点才睡觉。太辛苦了！就拿我扬州的堂弟来说，才二年级就很少有娱乐的时间。前几天我去南京外婆家，另一个上初二的表姐也很难有空和我玩。”

这让她想起自己的初中生活：

“在美国，这种情况是不存在的。初中生早上8点15分上课，下午3点半放学。每天回家后，我做完作业还有充分时间学学中文语文、数学教科书、看小说和弹钢琴。像一般的美国学生那样，多数的时间还可以玩。”

最后，她的观察与思考导致科学的结论：

“在中国，每个学生都被逼着好好念书。在美国，个人的前途是由他们自己决定的。”

美国的教育思想和方针是符合自然规律和教育规律的，是极其人性化的。人人都说美国是“儿童的乐园、青年人的战场、老年人的坟墓”。“老年人的坟墓”失之偏颇，“青年人的战场”大概如此，“儿童的乐园”绝对正确！在教育的起跑线上，这个国家注重爱的教育、快乐的教育。它教孩子们基本的知识、做人的道理。它尊重个人的兴趣，激发他们的好奇心。它从不鼓励超前教育、死记硬背，更不提倡“起点论英雄”。小学到初中，在轻松愉快中读书，反而学到了许许多多实用的知识。学生们个个生龙活虎、精神抖擞，健康的心理与健康的躯体相得益彰。四年高中，不同的学生有不同的追求，他们基本上为满足自己的爱好、实现自己的理想而选择他们的未来。他们开始紧张忙碌起来，但忙得正是时候，因为大学这个通才教育的大本营在向他们招手呢。我女儿上高中前有大量的时间培养兴趣和爱好，包括阅读中文作品，尤其是金庸、古龙的武侠小说让她看得津津有味，乐不可支。高中后，她除必修课外，选修了许多既有用又感兴趣的课程，轻而易举地拿到全额奖学金进了大学，刻苦求学四年后又以双学士学位顺理成章地成为另一所好大学的博士研究生。事实是，在“兴趣大于一切”的教育理念下，美国的教育制度培养的学生对自己定位清楚，对人生目标明确，基本上成为不同层次的社会有用之才。如果他／她热爱某门学科，在那个领域成为杰出人才的概率很大，机会只垂青于那些既有好奇心，又不肯放弃的年轻人。美国本土培养的各行各业的尖端人才实在是太多了，这完全得益于其科学的教育手段。它金字塔形的人才结构就像是它所制定的健康食品金字塔结构，任其自然，自由发展，每个人都能在和谐社会中找到用武之地。李白的“天生我材必有用”描绘美国的教育体制最为贴切。我们的报纸每年报道中国队又在国际奥数竞赛中拿了团体冠军，比美国队强多了，但这些金牌选手又有几人像我的大学同学，据我所知大概从未学过“奥数”、参加过数学竞赛的现为美国普林斯顿大学教授的田刚那样终生献给数学？而在美国，这样的人大都像他那样最终成了知名的数学教授。

毋庸质疑，天下没有哪一对父母不希望子女成材，不希望子女拥有幸福的未来。问题是怎样才能成材，什么样的生活才是幸福的生活？中国父母常告诫子女“先苦后甜”、“吃得苦中苦，方为人上人”。一旦孩子在不堪重负之下丧失学习的动力，他们依然苦口婆心地再送上一句古诗：“少壮不努力，老大徒伤悲。”他们的最初用意也许是好的，但一旦缺乏科学的态度就会物极必反，结果往往事与愿违，正如一句老话所说：“好的动机不一定有好的效果。”在高压下痛苦地学习反而容易没学会怎样读书，长大后倘若感到“一事无成”时就会怨恨父母、埋怨教师，就像旧中国包办婚姻缺乏感情的夫妇那样怨恨“父母之命、媒妁之言”一辈子。岂不知，拔苗不能助长，循序才能渐进。“一口饭吃不成胖子”的道理妇孺皆知。对绝大多数学生，“欲速则不达”这一古训是颠扑不破的真理。孩子是“祖国的花朵”，应让它多享受一点阳光下的“光合作用”，而不该客观效应上摧残之。他们和我们一样，只有一个童年，岂有失去之理？没有“起点争英雄”，他们有了健康快乐的少年时代，有了充分的时间培养探索未知世界不可抑止

的好奇心，大脑的潜能才能被卓有成效地挖掘，才会有动力、有激情、有抱负地投入到大学的怀抱，既有了幸福的童年，又有了灿烂的未来，多么美妙。

“不让孩子输在起跑线上”这一信条难以打破的另一原因就是当今社会分配不公的教育资源和民众心中深深扎根的“名校情结”。中学要进“重点中学”，大学要上“北大清华”。拥上这条“独木桥”，考分是唯一的指挥棒。于是小小年纪就被赶着在起跑线上狂奔，大汗淋漓，刚刚启蒙就被“奥数”蒙得团团转。力图“赢在起跑线上”，其结果是让绝大部分孩子丧失自信心，心灵在攀比中扭曲，心理在挤压下失衡。按我在中美两国的体验，小学、初中真没必要花那么多时间“精益求精”、“更上一层楼”，高中阶段可以用功一点，进了大学再刻苦一些，如果选择读博士，那就必须全力以赴，献身科学研究。这种“递增函数”式的学习方式比目前“大学前递增、大学后递减”的开口向下抛物线函数现状不知要好多少。我们在保持重教育文化传统的同时要多吸收现代西方文明中的人人平等思想，牢记孔夫子“有教无类”之教诲，逐步减少“重点学校”的比例，让每个公民享受均等的受教育机会。我们的校长和教师要尊重教育的基本规律，珍爱少年儿童的身心健康，勿把成绩看得比天还高，勿把排名看得比地还大。我们要挡住到处兜售无用“辅导复习书”的唯利是图之辈，不让他们大赚天下父母的血汗钱来养肥自己。我们的媒体要少一点小题大做地宣传“高考状元”，岂不知，他们中的绝大多数将“输在终点线上”。一位友人告诉我，《中国状元职场状况调查》云：“1977 年到 2006 年的 30 年全国各省状元全军覆没，没有发现一个在从政、经商、做学问等方面的杰出人才。被人羡慕的‘高考状元’在社会的发展中，最终被大浪淘沙，成了平庸者。这是中国应试教育苦果极典型的代表，也说明‘好学生’并不等于‘好人才’。”在美国，“高考状元”也许会拒绝“哈佛耶鲁”，而选择家乡名不见经传的人文学院，并不影响日后成为伟大科学家、发明家、政治家、企业家的成才之路。很多伟大人物并不早慧，“起跑线上”也许跌跌撞撞，进了大学也未脱颖而出。美国第一个本土出生的诺贝尔物理学奖获得者罗伯特·密立根大学本科并非在我们想当然的名校度过，而只是在 Oberlin 学院，并且一待就是六年，直到获得奖学金去了还未成为美国物理学研究重镇的哥伦比亚大学。我们的大学要把重点放在“教书育人”，少浪费时间做低等、重复、挤文章、骗外行的无聊研究，少聘用分身无术、无实质贡献的“名人”来装潢门面。各地大学的教学质量大长之后，考生的第一选择就会均匀分布，就像美国那样良性循环。总之，如果不能逐步改善“不让孩子输在起跑线上”这一口号赖以生存的环境，我们的教育手段还是愚昧落后的，我们的孩子还是生活在“水深火热”之中而不能被救。

让我们记住西方的一句谚语：“谁笑得最后，谁笑得最好。”我们不应追求“不让孩子输在起跑线上”，我们应鼓励“让孩子的未来赢在终点线上”！

初稿于 2009 年 5 月 17 日星期日于北京中科院
2010 年 3 月 12 日最后修改

附记：初稿完稿之时，正值中央电视台播放和晶的《实话实说》新一期节目，话题就是奥数。所请嘉宾中当然有引起广大民众关注的杨东平教授。中央电视台的新闻频道郎主播也替他九岁孩子“鞭挞奥数”。看来，全方位的奥数训练终于是不得人心的。

作者简介

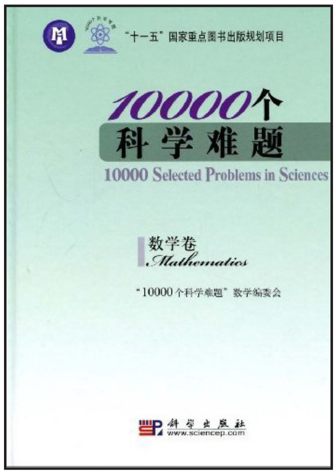
丁玖为南京大学数学系计算数学专业 77 级本科生，84 年获硕士学位，师从何旭初教授。1990 年获美国密西根州立大学应用数学博士学位，导师李天岩教授。现为美国南密西西比大学数学系教授。

通讯地址：江苏省扬州市淮海路 42-2 104 房间 丁椿 转 丁玖
电子信箱：jiudin@gmail.com



《10000 个科学难题 (数学卷)》

科学出版社的《10000 个科学难题 (数学卷)》于 2009 年 5 月问世。由李大潜院士牵头的编委会由 47 位国内知名数学家组成。251 个数学问题用去了 551 页的篇幅。虽然在 10000 个科学问题中占的比例仅仅是 40 分之一多一点点，但其内容涵盖数学领域的方方面面，从传统的数论、拓扑、几何、代数、分析、微分方程、集合论、数理逻辑、函数论、图论，到近代兴起的科学计算、随机过程、现代统计学、分形理论、计算复杂性理论、动力系统、弦理论、密码学，以及围绕相对论的数学理论，几乎无所不包。问题的作者基本上由编委会邀请产生。其中有老一代德高望重的大师级人物如吴文俊 (第 471 页)，但更多的是 1977 年恢复高考之后进入大学的新一代数学家。除少数几个例外，作者几乎是清一色的中国人，包括在我国研究所或高校工作以及在海外就职的数学家。



本书的大部分问题由一位数学家提供，另有 44 个问题是两位作者供稿，只有一个问题有三个合作者 (第 413 页)。供稿最多的个人是清华大学的冯克勤教授，独揽 5 项问题 (分别是第 122 页、131 页、133 页、136 页、460 页)。另外兼有五项问题的作者都有合作者。

值得注意的几点：第一，问题的作者大部分是 77 后，他们是在改革开放以后进入大学的，说明了我国数学界的中坚力量已实现了历史转型，走出了文革浩劫造成的十年断代的阴影。第二，计算数学的很大一部分作者来自海外，从另一个方面提示这是一个新兴的学科。第三，与纯数学不同，计算数学很难提出几个像黎曼猜想 (第 126 页) 那样干净利落的问题，有的往往是一个新的领域。第四，有三个希尔伯特问题入选，它们是：第九 (133 页)，第十二 (136 页)，和第十六问题 (293 页)；第五，有几个千禧年百万美元问题入选，如 Navier-Stokes 问题 (第 327 页) 和量子杨 - 米尔斯问题 (第 381 页)。第六，就风格而言，本书可谓百家争鸣。上百名作者，风格各异。问题的篇幅很不相同。最长的一篇 (第 114 页) 包括参考文献共八页，俨然是一篇论文。而最短的不足一页。

有人说，庞伽莱是最后一位数学通才，最后一个以全部数学，包括纯粹和应用数学作为研究领域的人。如今数学的分支是如此之多，可以肯定，没有哪一个人可以读懂本书的所有内容，因为大部分问题是面向专家的。除少数问题外，即使从事数学工作的专业人员，也只能完全明白与自己领域相关的那些问题。就领域而言，恐怕只有一个例外，那就是数论。很多数论问题，稍稍有些数学知识的读者就可以理解问题本身。这也许又一次印证了数学是科学的皇后，而数论是数学的皇后的说法。

对于任何一个从事数学专业的人员，本书都是一本不可多得的参考书。即使对其它专业的科学工作者，它也具有相当的参考价值。人们可以在书中找到专家对一些著名世界数学难题的精确而又通俗的解读。比如围绕哥德巴赫猜想，自从一九七八年《人民文学》第一期徐迟的报告文学问世以来，存在着种种神话和误解。读过中国科学院贾朝华研究员的注释 (第 101 页)，就会对这个著名猜想有一个全面的了解。

对于教育工作者，回答学生关于数学难题的疑问，本书无疑具有相当的价值。

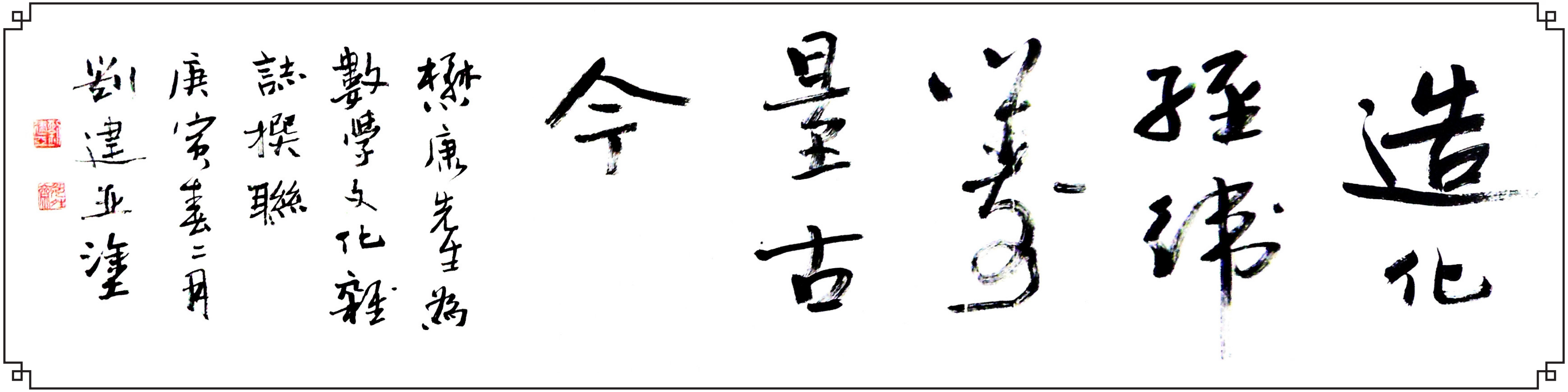
数学领域的最新发展，将费尔玛大定理以及庞伽莱猜想从未解决的著名数学问题的名单中去掉了。出版这套书的意图之一就是唤起有志于献身数学研究的青年树立远大目标，争取以自己的辛勤工作甚至毕生精力让更多的题目从本书的再版中消失。

本书列为“十一五”国家重点图书出版规划项目，16 开本，装祯堪称一流，达到国际标准。清新的封面封底设计让人耳目一新，摆在书架上有一定的装饰效果。翻开书页，纸质厚实光洁，字迹醒目。最后要提一下定价：人民币 118 元。比起欧美同样产品价钱要便宜很多，而在质量上却毫不逊色。

书评由张智民提供

张智民，1982 年毕业于中国科技大学数学系，后获中国科学院硕士和马里兰大学博士。现为美国 Wayne State 大学数学系教授。





造化经纬，筹量古今

懋康先生为数学文化杂志撰联，庚寅春二月，刘建亚涂。

罗懋康注释:

【造化】

1. 自然界的创造者，亦指自然。《庄子•大宗师》：“今一以天地为大炉，以造化为大冶，恶乎往而不可哉？”晋张协《七命》：“功与造化争流，德与二仪比大。”清恽日初《观王石谷画山水图歌》：“灵想寂与造化通，幽襟独写溪山照。”

2. 创造化育。《汉书•董仲舒传》：“今子大夫明于阴阳所以造化，习于先圣之道业，然而文采未极，岂惑虖当世之务哉？”晋葛洪《抱朴子•对俗》：“夫陶冶造化，莫灵于人。”

【经纬】

1. 织物的纵线和横线，比喻条理、秩序。《左传•昭公二十五年》：“礼，上下之纪，天地之经纬也。”
2. 规划治理。《左传•昭公二十九年》：“夫晋国将守唐叔之所受法度，以经纬其民。”《旧唐书•褚无量传》：“其义可以幽赞神明，其文可以经纬邦国。”清姚鼐《扬雄〈太玄〉目录序》：“盖谓圣人之道，原本盛大。以仁义中正，顺播于万事，惟变所适，而物得其理。于是作《易》以教世，错综万端，经纬人事。”
3. 谋划；计谋。宋杨简《石鱼偶记》：“夫士大夫幼而学，壮而行，其胸中固自有经纬。”
4. 经线、纬线或经度、纬度的合称。郑观应《盛世危言•西学》：“所谓地学者，以地舆为纲，而一切测量、经纬、种植、车舟、兵阵诸艺，皆由地学以推至其极者也。”

【筹量】

（此处“量”作动词解，读如平声）筹算，谋划，料量。《宋书•王镇恶传》：“卿至彼，深加筹量，可击，便烧其船舰，且浮舸水侧，以待吾至。”宋苏辙《论前后处置夏国乖方札子》：“朝廷既失先事筹量，及号令已行，乃欲追悔，先后皆失，遂生厉阶。”

解释:

上联，将“造化”分别作名词、动词用，意有二解，照应“数学经纬”栏目：
1.“自然演化的根本原理”，
2.“创造推演（安置协调万物的）根本方式”，暗含刊物“阐释数学本义”或“阐释纯粹数学本义”的功能；

下联，将“筹量”分别作名词、动词用，意有二解，照应“数学烟云”栏目：
1.“分析计算的古今历史”，
2.“筹划推算（世间万事万物的）古今演变”，暗含刊物“叙述数学历史”或“叙述应用数学历史”的功能。

上联的“经纬”暗含空间，下联的“古今”暗含时间；上下联相合，暗含《数学文化》对整个宇宙时空、人文社会的包罗万有。